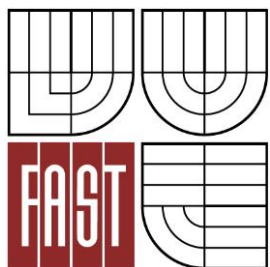




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

VÝVOJ NOVÝCH LEHČENÝCH STAVEBNÍCH HMOT PRO PRŮMYSL OVÉ PODLAHY

DEVELOPMENT OF A NEW LIGHTWEIGHT BUILDING MATERIALS FOR INDUSTRIAL FLOORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Pavel Kapčuk

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. ROSTISLAV DROCHYTKA, CSc.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Pavel Kapčuk
Název	Vývoj nových lehčených stavebních hmot pro průmyslové podlahy
Vedoucí bakalářské práce	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2011
Datum odevzdání bakalářské práce	25. 5. 2012
V Brně dne 30. 11. 2011	

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem nových lehčených hmot pro průmyslové podlahy založených na bázi pěnobetonu a plynobetonu s možným využitím druhotných plniv a přírodních lehčených plniv namísto klasického kameniva.

Klíčová slova

Cementová matrice, druhotné suroviny, expandované kamenivo, napěňující přísada, pěnobeton, plynobeton, plynotvorná přísada.

Abstract

This thesis is oriented on development of a new lightweight building materials for industrial floors based aerated concrete and lightweight concrete based on the potential use of secondary aggregates, lightweight natural stone aggregates instead of classical.

Keywords

Cement matrix, secondary materials, expanded aggregates, foaming agent, aerated concrete, gas ingredient.

Bibliografická citace VŠKP

KAPČUK, Pavel. *Vývoj nových lehčených stavebních hmot pro průmyslové podlahy*. Brno, 2012. 63 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2012

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Rostislavu Drochytkoví, CSc. a Ing. Evě Tůmové za odborné vedení, konzultaci, připomínky a užitečné rady při vypracování mé bakalářské práce.

1.	Úvod.....	9
2.	Cíl	10
3.	Metodika bakalářské práce.....	11
3.1	Etapa I-Reserše hmot, plniv, pojiv a druhovtných surovin na trhu.....	11
3.2	Etapa II-Analýza využití druhotných surovin při výrobě podlah.....	11
3.3	Etapa III-Analýza typů průmyslových podlah na trhu	11
3.4	Etapa IV-Pěnobeton	11
3.5	Etapa V-Plynobeton	11
3.6	Etapa VI-Konečný výběr a zhodnocení.....	11
4.	Rozdělení stavebních hmot	18
5.	Podlahy.....	19
5.1	Podlahová konstrukce.....	19
5.2	Druhy průmyslových podlah.....	20
5.2.1	Betonové podlahy (prosté).....	20
5.2.2	Pancéřové podlahy	21
5.2.3	Teracové podlahy	21
5.2.4	Dřevěné podlahy	22
5.2.5	Speciální živičná překrytí	22
5.2.6	Překrytí vrstvou sírobetonu.....	22
5.2.7	Čedičové podlahy.....	22
6.	Vybrané stavební hmoty a výrobky, jejich charakteristika.....	24
6.1	Pojiva.....	24
6.1.1	Anorganická pojiva	24
6.1.2	Vápenosíranová pojiva	24
6.1.3	Křemičitany alkalických kovů	25
6.1.4	Hořečnaté pojivo	25
6.1.5	Hydraulická vápna.....	25
6.1.6	Silikátový cement.....	25
6.1.7	Hlinitanový cement	26
6.2	Plniva.....	27
6.2.1	Plniva z odpadních látek.....	27
6.2.2	Lehčená plniva vyráběné z odpadních surovin.....	30
6.2.3	Plniva z přírodních surovin.....	33
6.2.4	Ekonomické zhodnocení plniv.....	35
7.	Vylehčování stavebních látek.....	36
7.1	Možnosti vylehčování:	36
7.2	Plynotvorné látky	37
7.2.1	Historie	38
7.2.2	Hliníkový prášek	39
7.2.3	Močovina a chlornan sodný.....	40
7.3	Pěnotvorná přísada-pěnidlo	41
7.3.1	Historie	41
7.3.2	Pěnobeton	42
7.3.3	Pěnidla dostupná na světovém a tuzemském trhu.....	43
8.	Laboratorní ověření vlastností použitých přísad	51
8.1	Laboratorní zkoušky přísad způsobující expanzi	51
8.1.1	Hliníkový prášek	51
8.1.2	Močovina a chlornan sodný.....	53

8.2	Laboratorní zkoušky přísad způsobující napěnění	55
8.2.1	Pěnidlo SB2 Sika.....	55
8.2.2	Přísada HOSTAPUR OSB.....	58
9.	Diskuze výsledků.....	60
10.	Závěr	62
	Literatura a použité zdroje	63

1. Úvod

Průmyslová podlaha je podlahová konstrukce nacházející se většinou ve skladech průmyslových objektů, továrních a jiných nebytových objektů větších rozměrů. Jako průmyslové podlahy můžeme posuzovat i podlahy velkokapacitních rozměrů jako jsou různá parkoviště, reprezentativní plochy. Podlahové konstrukce jsou namáhány pěšími, vozovými i manipulačními prostředky. Tyto podlahy jsou namáhány větším zatížením jak statickým, tak i dynamickým způsobovaným výše zmiňovanými prostředky.

Průmyslová podlaha je podle normy ČSN 74 4505 definována takto. “ Průmyslová podlaha je podlahovou konstrukcí, která je zatížena rovnoměrným zatížením větším než 5 kN.m^{-2} , nebo pohyblivým zatížením – manipulačními prostředky, jejichž celková hmotnost je větší než 2000 kg. Průmyslovou podlahou je i konstrukce se zvláštními požadavky na odolnost proti obrušení, kontaktnímu namáhání, chemickému působení, a to i v případě, že zatížení je menší než výše uvedené hodnoty. “

Za stálého růstu průmyslového odvětví a jiných velkokapacitních zařízení se mění i nároky na používané průmyslové podlahy. Při zvyšujících se cenách je důležitá i ekonomická stránka tvorby průmyslových podlah. Kdy se v dnešních dobách stále více využívá vhodných odpadních surovin ve výsledku s dobrými mechanickými pevnostmi, odolností a trvanlivostí.

Ve vývoji podlahových konstrukcí se stále využívá nových stavebních hmot různých vlastností. Tímto je možno dosáhnout nových podlah o různých mechanických vlastnostech, zvýšených odolnostech či snížených hmotnostech. Lehčené stavební hmoty jsou základním prvkem pro vylehčení průmyslových podlah a tím i snížení jejich hmotnosti. To je zvlášť výhodné pro vícepodlažní objekty.

2. Cíl

Cílem této bakalářské práce je provést rešerši na trhu lehčených stavebních hmot, zejména na poli pěnobetonu a plynobetonu. Bude provedena rešerše na trhu přísad způsobujících napěnění a zplynovatění cementové matrice. Budou také zkoumány kombinace možností lehkých kameniv a plynobetonu či pěnobetonu.

Dalším cílem je navrhnout vhodné typy vylehčení pro průmyslové podlahy a to jak na materiálové, tak skladební bázi. Vylehčování materiálů by mělo probíhat přímo, nepřímo, popřípadě kombinací těchto možností. Vylehčování na skladebné bázi by mělo probíhat vhodnou volbou materiálu a jeho efektivním zakomponováním do skladby, zhodnocením vhodnosti po funkční a ekonomické stránce.

V neposlední řadě je cílem této bakalářské práce návrh vhodných postupů při vylehčení konkrétních materiálů pro průmyslové podlahy. Budou provedeny vybrané zkoušky fyzikálně-mechanických vlastností daných materiálů. Práce bude zaměřena hlavně na využití lehčených odpadních surovin.

3. Metodika bakalářské práce

3.1 Etapa I-Reserše hmot, plniv, pojiv a druhotných surovin na trhu

Etapa I zjišťuje nabídku na trhu hmot, plniv, pojiv a druhotných surovin. Budou zhodnoceny možnosti použitelných druhů a možnosti náhrady pojiv, plniv odpadními surovinami.

3.2 Etapa II-Analýza využití druhotných surovin při výrobě podlah

Etapa II se zabývá druhy odpadních surovin a jejich použití ve výrobě podlah. Dále bude řešit možnosti vylehčení daných hmot a konstrukcí ať již přímo, nepřímo nebo ve skladbě konstrukce.

3.3 Etapa III-Analýza typů průmyslových podlah na trhu

Etapa III zkoumá možnosti průmyslových podlah na trhu a dále řeší jejich možnosti lehčení. Lehčení probíhá na vhodné bázi surovinové, konstrukčním řešením nebo kombinací těchto možností. Tato etapa se také zabývá kombinováním plynobetonu či pěnobetonu a pórovitého kameniva. Etapa III končí celkovým zhodnocením vlastností.

3.4 Etapa IV-Pěnobeton

Etapa IV komplexně analyzuje pěnobeton. Rešerší přísad způsobujících zpěnění a vhodným výběrem kameniva do pěnobetonu. Následně proběhne zhodnocením fyzikálních vlastností směsi.

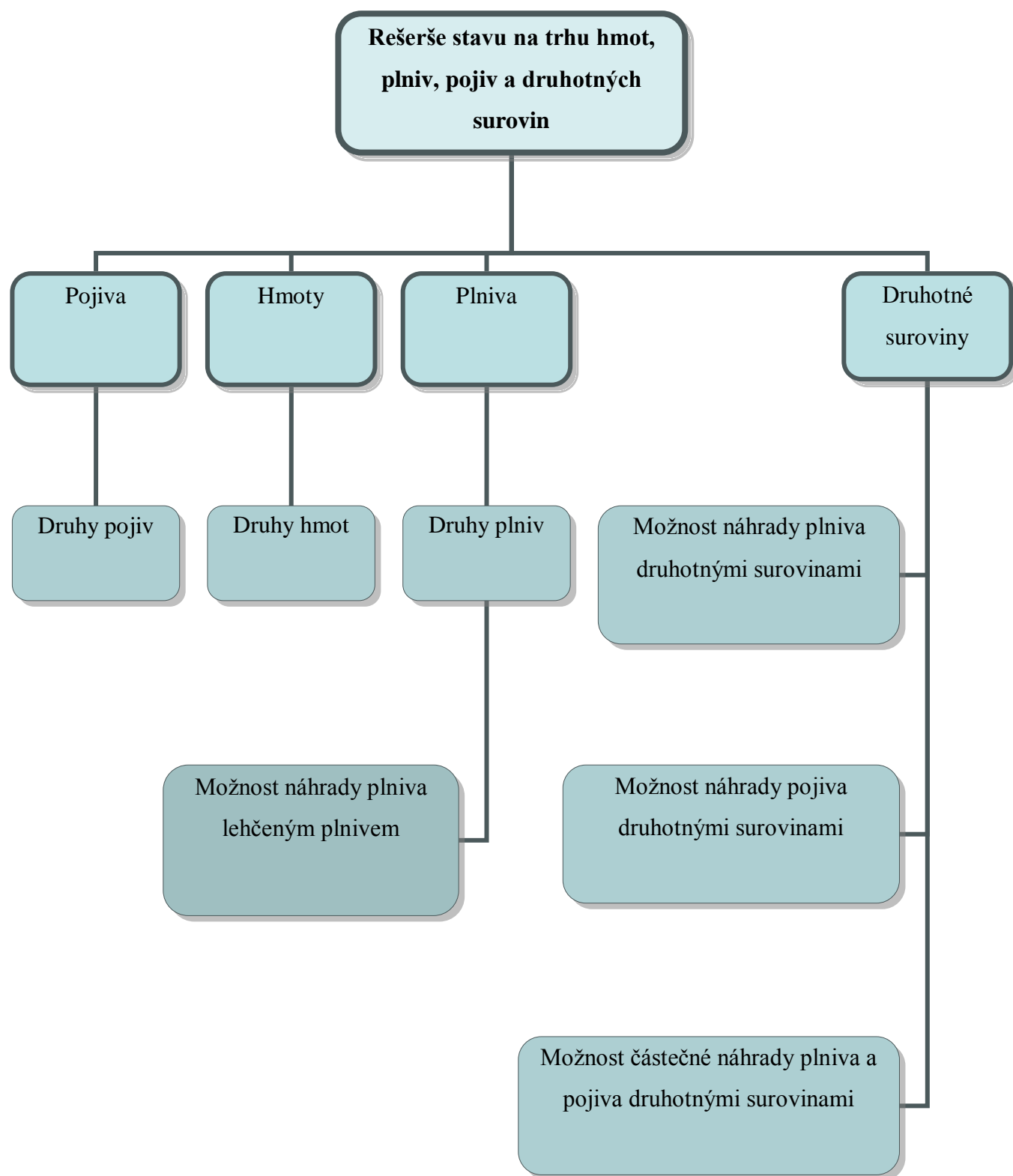
3.5 Etapa V-Plynobeton

Etapa V komplexně analyzuje plynobeton. Rešerší přísad způsobujících zplynovatění a vhodným výběrem kameniva do plynobetonu. Následně proběhne zhodnocením fyzikálních vlastností směsi.

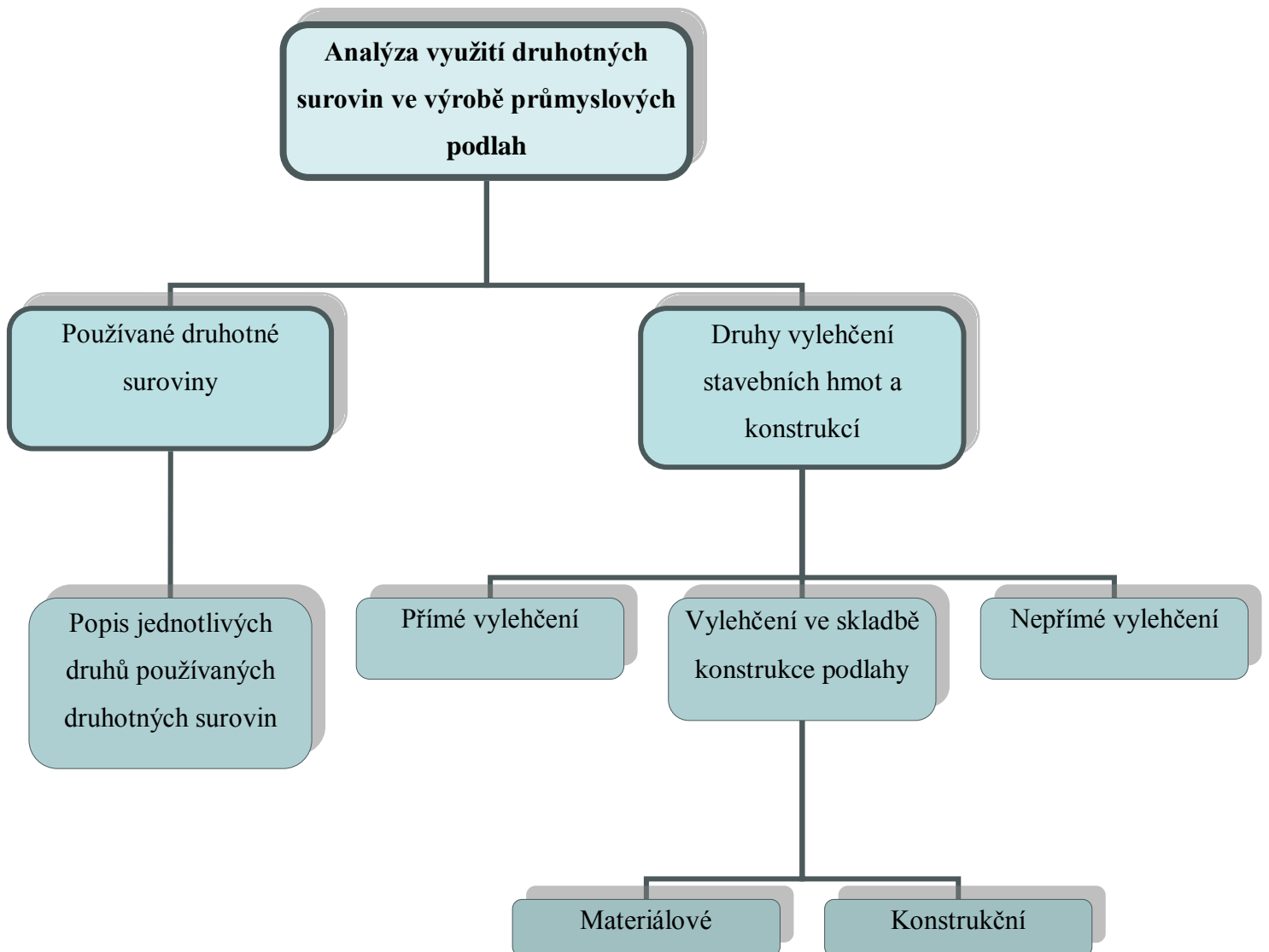
3.6 Etapa VI-Konečný výběr a zhodnocení

Etapa VI se zabývá celkovým zhodnocením možností vylehčení, výběrem nejlepší varianty ze vzniklých variant předešlých etap. A následné zhodnocení dané varianty po ekonomické stránce.

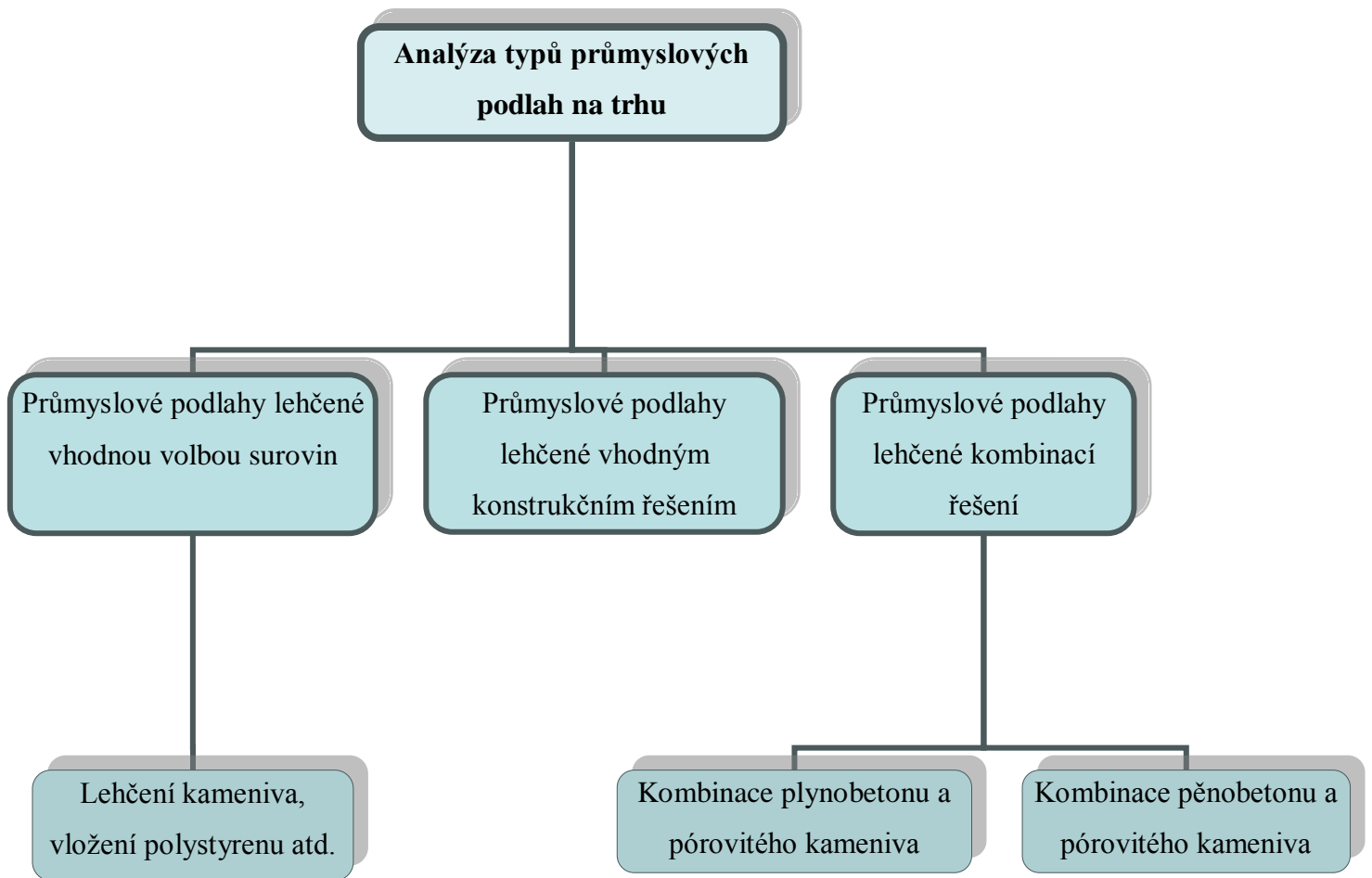
Etapa I



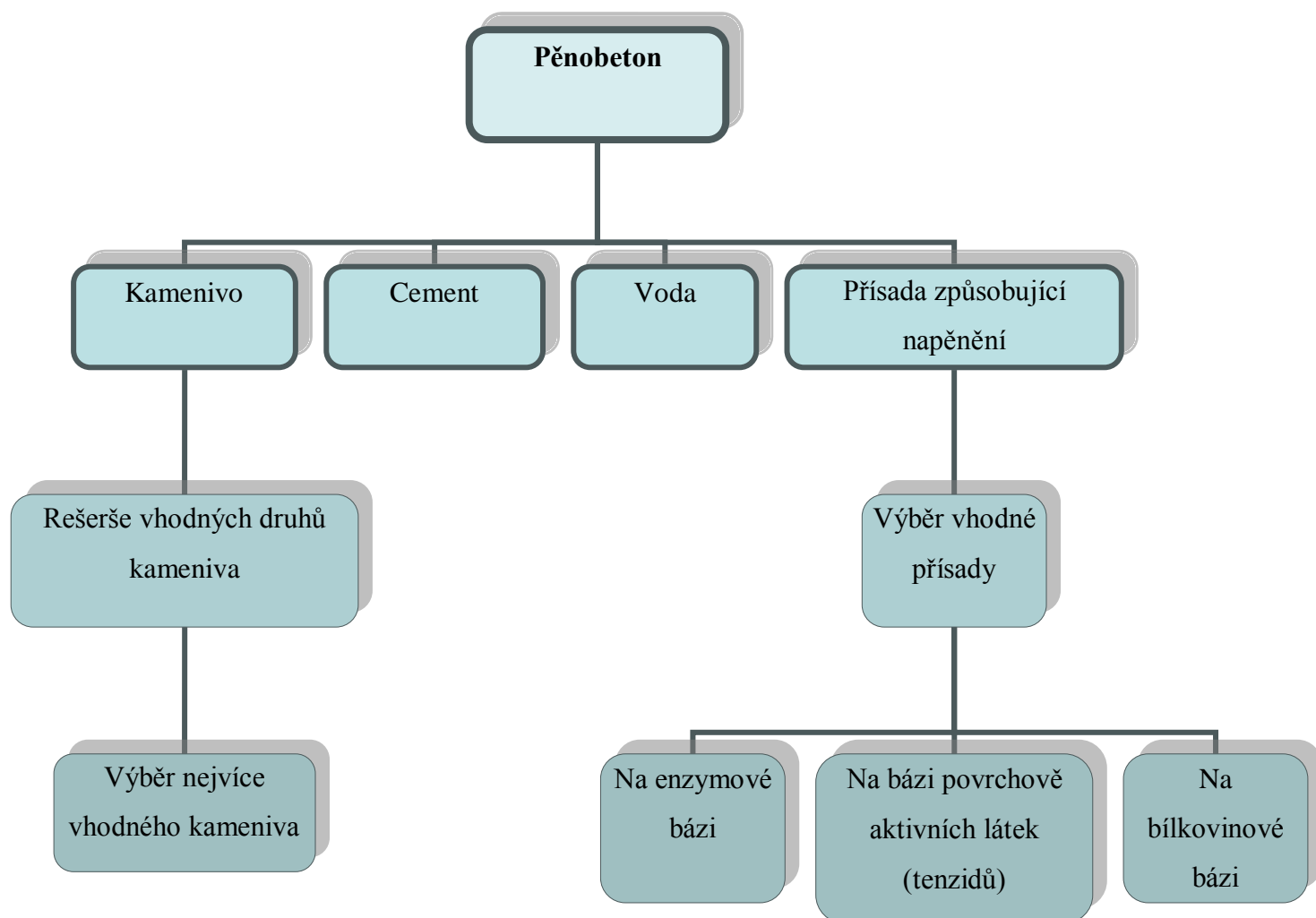
Etapa II



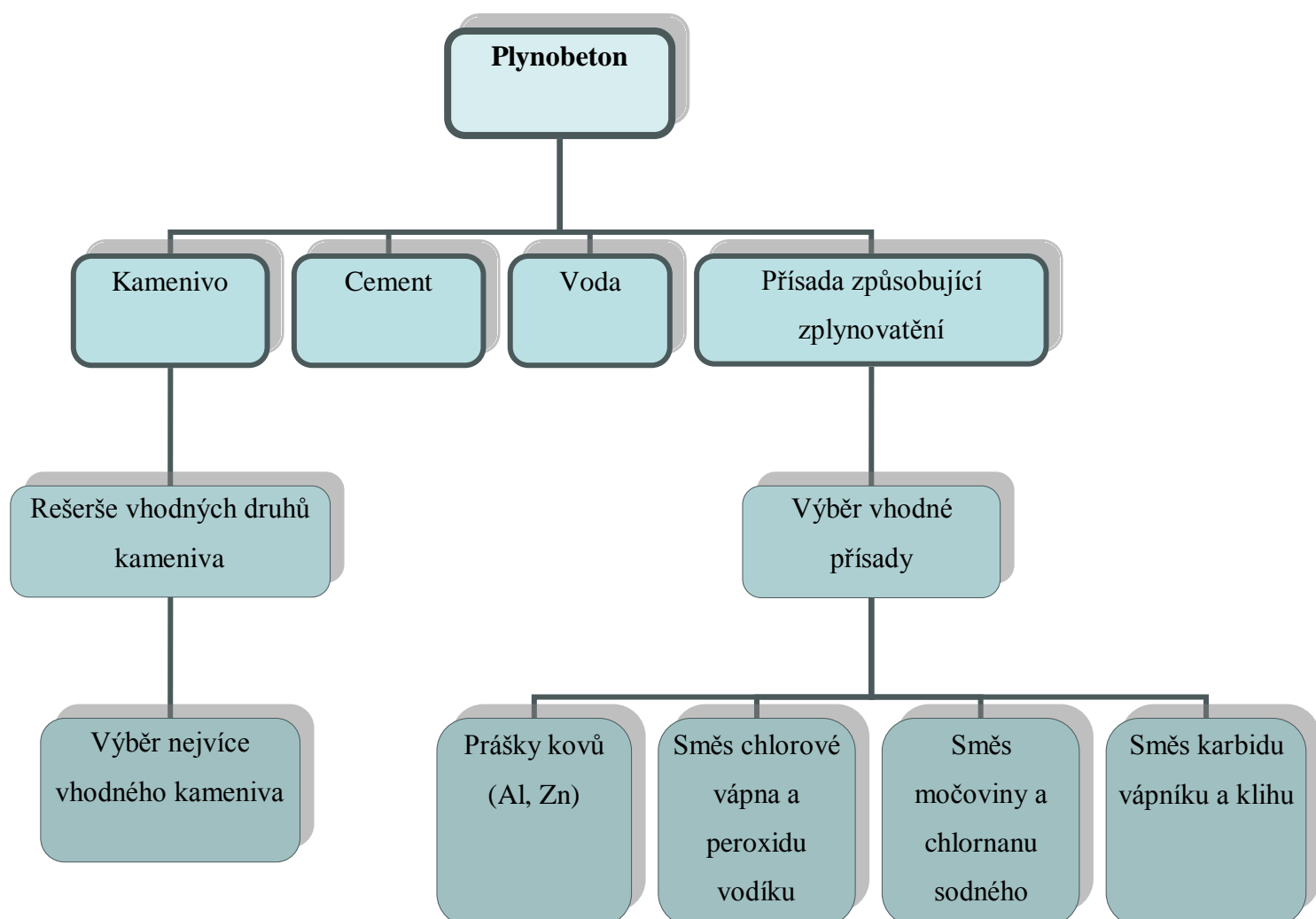
Etapa III



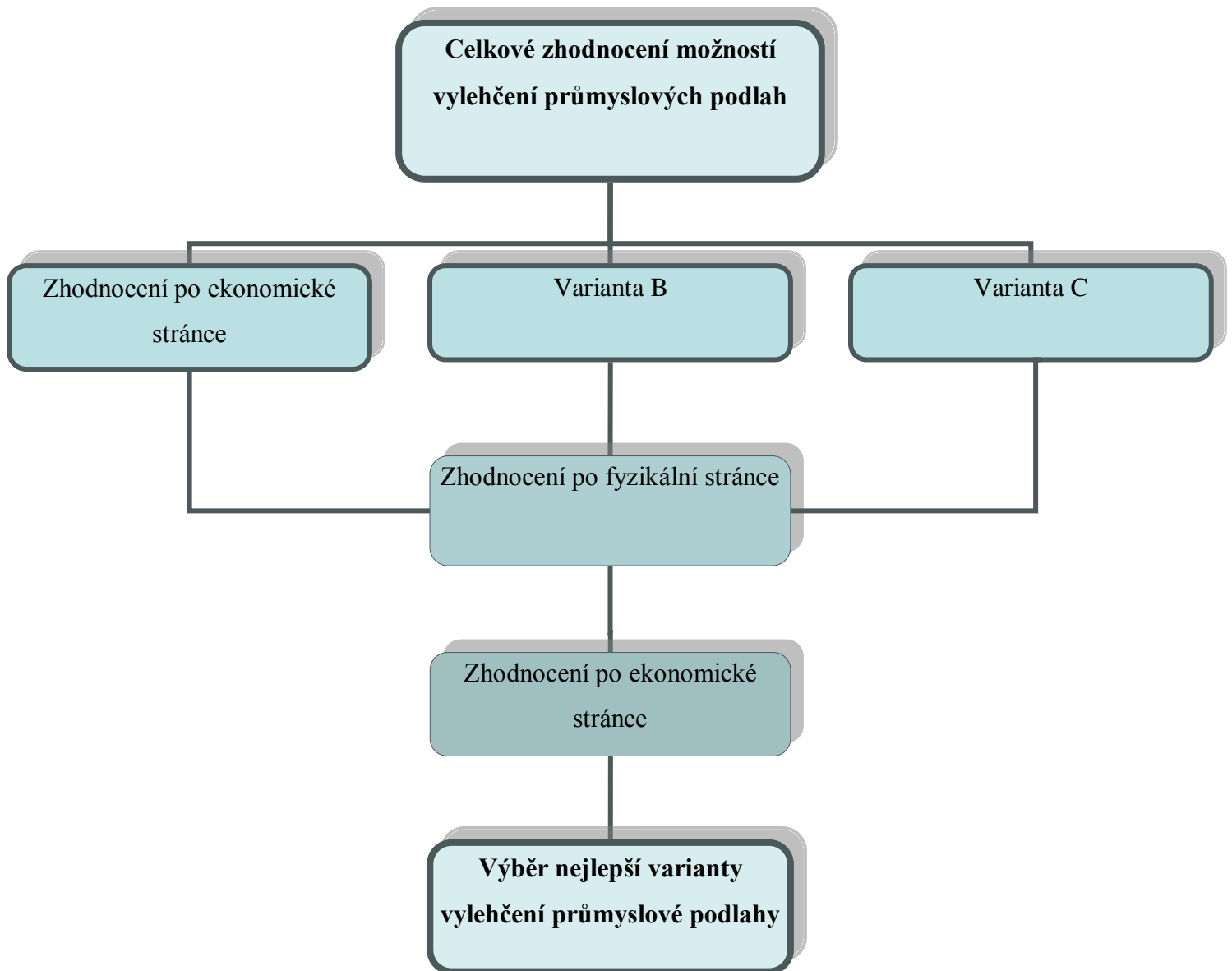
Etapu IV



Etapa V



Etapa VI



4. Rozdělení stavebních hmot

Stavební hmoty:

„Slovní spojení stavební hmoty je tradiční pojem zahrnující všechno, co se stává přímou součástí stavební konstrukce a s čím se zároveň můžeme setkat přímo na staveništi. Mezi stavební hmoty tedy počítáme nejen vlastní stavební materiály, ale i suroviny používané k jejich výrobě, pokud se tato výroba uskutečňuje v rámci stavby. Patří sem i pomocné látky usnadňující provádění stavebních technologických operací a v neposlední řadě za stavební hmoty považujeme také kusová staviva, což jsou jednoduché výrobky, které jsou charakterizovány nejen látkou, ze které jsou zhotoveny, ale i svým tvarem a rozměry.”[2]

A) Podle materiálové podstaty a využití technologie výroby dělíme:

1. cementářské produkty
2. vápenické výrobky
3. kovové výrobky
4. keramické materiály
5. autoklávované výrobky
6. plasty
7. kamenné výrobky
8. skelné výrobky
9. kovové výrobky
10. živičné hmoty
11. výrobky z dřeva a přidružených produktů
12. ostatní

B) Podle původu lze stavební hmoty rozdělit:

1) přírodní	a) organické (dřevo, celulóza, vlna)
	b) anorganické (horniny)
2) umělé vyrobené z:	a) organických surovin (různé aglomerované)
	b) anorganických surovin (cement, vápno,
	c) kombinace možností a) + b)

C) Podle funkce při vytváření struktur se materiály dělí:

1) pojiva
2) plniva
3) pomocné látky
4) vyztužující látky

5. Podlahy

5.1 Podlahová konstrukce

Pojmem podlaha rozumíme jednovrstvou či vícevrstvou konstrukci, která tvoří vrchní část vodorovných konstrukcí a činí je pochůznými. Podlaha vždy leží na svém podkladovém materiálu a zcela na něj navazuje. Ve vyšších patrech navazuje na stropní konstrukce, zatímco v nejnižším patře na podkladní vrstvu betonu. Na konstrukce podlah jsou kladeny podmínky z hlediska jejich využití, typu a umístění. Podmínkami rozumíme například neprozvučnost, odolnost, bezpečnost, hygienickou nezávadnost atd.[1]

Rozdělení podlah podle účelu:

- a)občanské
- b)průmyslové

A) Za občanské podlahy považujeme všechny podlahy v bytech, rodinných domech v kancelářských budovách atd.. Tyto podlahy kladou důraz spíše na příjemné uživatelské prostředí (např. omyvatelnost, tepelná izolace, hygienická nezávadnost...). Většinou jsou oproti průmyslovým podlahám menších plošných rozměrů a nesou menší relativní zatížení.



Obrázek 1 - Parketová podlaha

B) Za průmyslové podlahy považuje podlahy v skladech, továrních linkách a halách a jiných nebytových objektech, ale i podlahy velkých rozměrů v podobě různých stadiónů, sálů, tělocvičen a jiných míst kde se za nějakými účely shromažďují lidé, stroje či jiná technika. Průmyslové podlahy jsou větších plošných rozměrů s velkým statickým a často dynamickým zatížením od různých manipulačních strojů, techniky či

jiného technologického vybavení. U těchto podlah se kladě důraz na odolnost, trvanlivost, hlavně použitelnost. V dnešní době jsou kladeny nároky také na ekonomický pohled-za co nejmenší peníze dosáhnout co nejlepších výsledků.[1]



Obrázek 2 - Průmyslová podlaha

5.2 Druhy průmyslových podlah

5.2.1 Betonové podlahy (prosté)

Podlahy betonové jsou nejčastějším typem podlah v průmyslu, obchodu i jiných odvětví. Jsou velmi žádané kvůli jejich životnosti, pevnosti, zatížení, rychlosti a flexibilitě možnosti výstavby, otěruvzdornost a údržbě. U betonových podlah je možné ovlivnit jejich vlastnosti vkládáním různých typů výztuží (železné pruty, drátky, vlákna různých materiálů), ale také způsobem zpracování a dodatečným úpravám.



Obrázek 3 - Betonová podlaha

5.2.2 Pancéřové podlahy

Podlahy pancéřové jsou určitý typ průmyslových monolitických podlah, kde nosný prvek tvoří betonová deska s vpravenou práškovou směsí obsahující tříděná tvrdá plniva, speciální cementy a chemické přísady. Tento systém je využíván kvůli vysoce odolnému povrchu. Kde odolnost proti opotřebení je závislá na vlastnostech nášlapné vrstvy a kvalitě jejího propojení s nosným prvkem.



Obrázek 4 - Pancéřová podlaha

5.2.3 Teracové podlahy

Teracová podlaha monolitická podlahovina, která se vytváří přebroušením ztuhlé vrstvy betonu složeného z pojivových materiálů vhodných druhů a vhodných kamenitých frakcí, popřípadě teracových drtí, příměsí, přísad a záměsové vody. Teracové podlahy jsou vyhledávány pro svou pevnost, tvrdost, ale i barevnost a estetickou hodnotu.



Obrázek 5 - Teracová podlaha

5.2.4 Dřevěné podlahy

Dřevěné podlahy jsou již tradičním a dlouho používaným prvkem v průmyslovém odvětví. V řadě průmyslových staveb je vyžadováno kvůli provozu, alespoň částečně dřevěná podlaha. Dřevěné systémy mají početné zastoupení, v základu se liší vlastnostmi, druhem a formou použitého dřeva.



Obrázek 6 - Dřevěná podlaha

5.2.5 Speciální živičná překrytí

Speciální živičná překrytí, tzv. horká technologie, nacházejí u průmyslových podlah uplatnění jen výjimečně, a to vzhledem k dlouhodobému odpařování zdraví škodlivých látek z asfaltu. Speciální živice se v pochůzných vrstvách používají pouze při lepení některých typů dlaždic nebo parket.

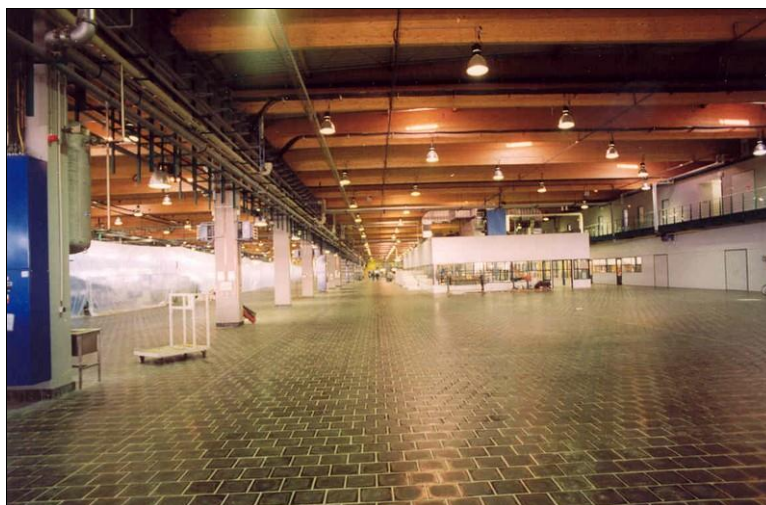
5.2.6 Překrytí vrstvou sírobetonu

Síra jako pojivo se historicky používá už od dávných dob, ale nejvíce uplatnění dosáhla v gotické éře. V současnosti má využití roztavené síry své opodstatnění v technologii výroby tzv. sírobetonu. Jedná se o technologii podobnou pokládce litých asfaltů i finišovaných živičných betonů. Překrytí vrstvou sírobetonu je vhodné tam, kde se vyžaduje povrchová tvrdost i odolnost zejména proti chemickým látkám. Sírobeton vykazuje široké spektrum chemické odolnosti vůči většině uhlovodíků, kyselin a louhů

5.2.7 Čedičové podlahy

Tavený čedič má vynikající vlastnosti, jako je vysoká pevnost v tlaku, otěruvzdornost a tvrdost, chemická odolnost, nenasákavost, mrazuvzdornost, ekologická a hygienická

nezávadnost. Tyto jsou velmi důležité pro tvorbu průmyslových podlah. Zejména jsou využívány pro svou povrchovou úpravu, vysokou životnost a dobrou protiskluznost.



Obrázek 7 - Čedičová průmyslová podlaha

6. Vybrané stavební hmoty a výrobky, jejich charakteristika

6.1 Pojiva

6.1.1 Anorganická pojiva

Termínem pojiva jsou v běžné praxi označovány látky, které jsou upravovány do kašovitého stavu se snadným přechodem do formy pevné. Jejich funkce v procesu je spojování nesoudržných zrn či jiných kusů látek a udržet danou hmotu soudržnou. V průběhu spojovacího procesu jsou rozeznávány dvě fáze- tuhnutí, tvrdnutí.

Fáze tuhnutí- Tekutá nebo kašovitá pojiva látka ztrácí svou původní zpracovatelnost a postupně nabývá charakteru pevné látky.

Fáze tvrdnutí- Vzniklá pevná látka získává vyšší pevnost, která je potřebná při využití daného pojiva.[2]

Pojiva se rozdělují podle stálosti ve vodním prostředí na:

6.1.1.1 Vzdušná pojiva

K dokonalému vytvrzení vzdušných pojiv dochází pouze na vzduchu. Vzdušná pojiva jsou náchylná na vodu a ani dokonale vytvrzená pojiva nejsou zcela odolná vůči vodě.

Příklady: Vzdušné vápno, slabě hydraulické vápno, síranová pojiva.

6.1.1.2 Hydraulická pojiva

Hydraulická pojiva jsou schopna dosáhnout trvalé dostačující pevnosti i pod vodou. K uspokojivému procesu tuhnutí dochází sice jen na vzduchu, ale jakmile vznikne zatuhlá struktura, mohou další procesy hydratace probíhat i pod vodou.

Příklady: P-cement, Al-cement, románský cement, silně hydraulické vápno

6.1.2 Vápenosíranová pojiva

Základní složkou vápenosíranových pojiv je síran vápenatý (CaSO_4). Jedná se o vzdušná pojiva. Patří sem především sádra a anhydridové pojivo. Sádra je jedno z nejstarších pojiv využívaným již starými Egypťany a Asyřany. Vyrábí se z přírodních minerálů (sádrovců a anhydritů) nebo syntetických produktů, které vznikají nejčastěji jako odpad v průmyslových

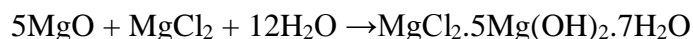
procesech. Přírodní sádrovec (dihydrát síranu vápenatého), který vznikl vypařováním slané vody. Zatímco energosádrovec vzniká při odsiřovacím procesu, zejména v tepelných elektrárnách. Výroba a použití síranových pojiv je především založeno na uvolňování a opětné vazání krystalicky vázané vody účinkem tepla a tak vytvářet pevnou hmotu.

6.1.3 Křemičitany alkalických kovů

Nejčastěji je používána forma koloidních vodních roztoků, které nazýváme vodním sklem. Základními vyráběnými typy jsou sklo sodné a draselné. Výroba spočívá v tavení uhličitanu sodného (sody) s křemenným pískem při teplotách 1400 °C, čímž vzniká sodnokřemičitá frita.[3]

6.1.4 Hořečnaté pojivo

Zde je hlavní složkou takzvaný Sorrelův (hořečnatý) cement, oxid hořečnatý (MgO) a chlorid hořečnatý (MgCl₂). Tvrdnutí hořečnatého pojiva lze zjednodušeně vyjádřit rovnicí:



Hořečnaté pojivo bylo používáno zhruba do poloviny 70. let ke zhotovování bezesparových podlah. Přímou stavbu se z pilin, jemného dřevěného nebo minerálního moučky, spojených tímto pojivem, zhotovovala dvojvrstvá podlahovina xyolit v přibližné tloušťce asi 20 mm.[2]

6.1.5 Hydraulická vápna

K výrobě hydraulické vápna se používá jílovité vápence obsahující kromě CaO také větší obsahy hydraulických oxidů. Při vypálení se teplota nachází pod hranicí 1250 °C s následným hašením. Dominantní složkou způsobující hydraulické vlastnosti pojiva je křemičitan dvojitě vápenatý (dikalciumsilikát).

6.1.6 Silikátový cement

Silikátový cement je vyráběn vysokoteplotním výpalem ze stejných surovin jako silně hydraulické vápno. Kromě vápencových slínů lze využít vápenec doplněný minerální surovinou obohacující vápencovou složku o hydraulické oxidy.[10]

6.1.7 Hlinitanový cement

Hlinitanový cement obsahuje více jak 35% Al_2O_3 a jeho tvrdnutí způsobuje hydratace vápenatých hlinitanů. Vyrábí ze suroviny složené z bauxitu a vápence a následným výpalem.[2]



Obrázek 8 - Hlinitanový cement

6.2 Plniva

Pojiva rozdělujeme na 3 kategorie:

1. Plniva z odpadních látek
2. Lehčená plniva vyráběné z odpadních surovin
3. Plniva z přírodních látek

6.2.1 Plniva z odpadních látek

Odpadní látky můžeme používat jako náhradu za klasické plnivo, ale to jen do určité míry. Dojde tím k snížení výrobních + pořizovacích nákladů a upravení vlastností daného materiálu. Často dochází k zlepšení vlastností vlivem vyplněním křivky zrnitosti. Používáním odpadních materiálů dochází k výrazným úsporám za obvyklého zlepšení vlastností, tudíž využívání odpadních materiálů je výhodné využívat.[3]

- Úletový popílek
- Struska
- Mikrosilika
- Křemičitý úlet
- Odpad z praní drceného vápence
- Odpadní křemičitý písek

6.2.1.1 Úletový popílek:

Jde o nerostný zbytek po průmyslovém spalování zejména hnědého a černého uhlí v elektrárenských a teplárenských kotlích. Získává se následným zachycováním spalin v plynné formě v elektrostatických i mechanických odlučovačích. Úletový popílek obsahuje malé částičky křemičitého skla. Úletový popílek rozdělujeme do dvou druhů:

A) klasický popílek

Tento popílek spalováním paliv při vysokých teplotách, které se pohybují okolo 1200 až 800°C. Popílek vyrobený tímto způsobem je bohatý na obsah oxidů. Obsahuje převážně oxidy křemíku, železa, hliníku, vápníku, mullit a sklovitou fází. Skelná fáze je hlavní složkou tvoří až 80%.

B) Fluidní popílek

Tento popílek vzniká spalováním při nižších teplotách a neobsahuje skelnou fázi a mullit. Obsahují velký počet vápenatých sloučenin (CaO , CaSO_4). Tyto sloučeniny propůjčují popílkům hydraulické vlastnosti. Součástí fluidních popílků je anhydrit, produkt odsiřovacího procesu, a proto tento typ popílků obsahuje zvýšené množství síry. Řádově se jedná o několik procent, ale obvykle nepřesahuje 10%. [5]

6.2.1.2 Struska

Struska vzniká jako vedlejší zplodina při výrobě surového železa ve vysokých pecích. Struska vzniká rychlým ochlazením taveniny vodou, tím se zabrání její krystalizaci a přetrvává její sklovitý charakter. Nejvíce se využívá granulovaná vysokopecní struska.



Obrázek 9 – Struska

6.2.1.3 Mikrosilika

Jedná se o křemičité úlety, které jsou vedlejším produktem při výrobě křemíku. Mikrosilika jak naznačuje její název je velmi jemný materiál s průměrem zrn 0,1 až 0,2 μm . Obsahuje velký podíl SiO_2 až 98% za objemových hmotností do 230 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Zvyšuje pevnosti betonů a rovněž odolnost betonů proti korozi se zvyšuje.

6.2.1.4 Křemičitý úlet

Jedná se o velmi jemné práškové materiály tvořené částicemi 100x menšími než jsou zrna u běžných cementů. Vznikají jako vedlejší produkt při výrobě krystalického křemíku či ferosilica v obloukových pecích. Chemické složení se liší podle druhu, ale převládající složkou je amorfni oxid křemičitý. Obsah oxidu se vyskytuje okolo 85 až 95 %.

6.2.1.5 Odpad z praní drceného vápence

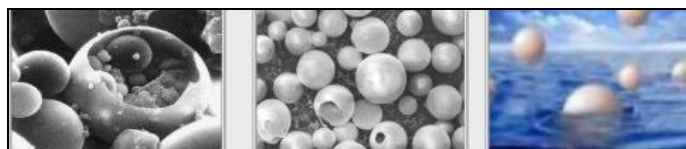
Tento odpad získáváme z vstupních surovin, z vápence s vysokým obsahem, ve fázi praní a sušení. Při procesu praní a sušení vzniká odpad, který má vlhkost kolem 8 %, proto se před použitím dosušuje. Před vznikem je nutné na lince vybrat ručně cizorodé látky jako kovy a jiné.

6.2.1.6 Odpadní křemičitý písek

Písek je směsicí malé kamenité frakce z různých lokací původu. Křemičitý písek je tvořen převážně zrny křemene různé velikosti a tvaru. Jako odpadní písky jsou většinou brány písky s nevhodnou příměsí či frakcí, které se nehodí do určeného betonu.

6.2.1.7 Cenoféry (Mikrosféry)

Cenoféry jsou lehké, žároodolné plnivo získávané plavením z popílků (odpadní surovina) nebo průmyslovou výrobou. Cenoféry jsou dodávány ve formě sypkého materiálu, sférického tvaru o velikosti částic $10 - 500 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Typickou barvou pro cenoféry bílá až šedá. Bod tání získávaných cenosfér se nachází kolem $1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Cenoféry jsou využívány do izolačních malt, dílců či jako plniva do plastických materiálů. V keramickém odvětví našli cenoféry využití při využití žárovzdorných materiálů, obkladaček, dlaždic atd. Cenoféry jsou v dnešní době využívány v široké škále odvětví a to hlavně pro izolační schopnosti a snížení objemové hmotnosti materiálu.[14]



Obrázek 10 - Cenoféry (Mikrosféry)[14]

6.2.2 Lehčená plniva vyráběné z odpadních surovin

- Kamenivo - Rugen
- Skelný recyklát
- Kamenivo - Liaver
- Granulát-Poraver
- Plnivo - Refaglass
- Plnivo – Geocell
- Betonový recyklát
- Brusné a řezné kaly
- Lupek
- Gumový granulát

6.2.2.1 Kamenivo - Rugen

Lehké umělé kamenivo Rugen je vyráběno při nízkých teplotách zhruba 20 °C z jemných anorganických odpadních materiálů vznikajících v průmyslu. Surovinou jsou obvykle jemné anorganické materiály v zastoupení od 60% až do 100%. Dále obsahují vedlejší energetické produkty, vzdušná a hydraulická pojiva a vody. Toto kamenivo je vyhledávanou surovinou pro nízké pořizovací náklady při objemové hmotnosti 500 až 1200 kg.m⁻³ s pevnostmi 0,5 – 3,5 MPa.

6.2.2.2 Skelný recyklát:

Skelným recyklátem myslíme recyklované obalové sklo nejzastoupenějším lahvovým sklem. Toto sklo se zahřívá na teplotu kolem 1500°C a roztavené do červena se vpravuje po dávkách do strojů na jejich zpracování (lisofoukacích, foukacích).

6.2.2.3 Kamenivo - Liaver

Kamenivo Liaver se vyrábí z expandovaného skelného odpadu. Jedná se tepelně zpracované expandované sklo, které pochází z již recyklovaného skla. Zrna jsou oválná a uzavřená se sypanou hmotností 250 kg.m⁻³ Materiál nabývá při teplotách zhruba 750 až 900°C. Zrnitost jemných podílů je v rozmezí 0,5 – 1 mm. Obsahuje převážně SiO₂ zhruba 71%, Na₂O 13%, CaO 8%, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O a některé stopové prvky.

6.2.2.1 Granulát-Poraver

Granulát z expandovaného tříděného skelného odpadu Poraver se skládá z šesti frakcí zrnitosti 0,1mm – 8mm a 0,04mm – 16mm. Barva kameniva Poraver je krémově bílá. Výrobce udává pevnost v rozmezí 0,5 až 6,5 MPa a vysokou tepelnou odolnost až do 700 °C. Toto kamenivo je vyráběno z recyklovaného skla a z odpadních surovin při jeho výrobě.



Obrázek 11 - Granulát Poraver

6.2.2.2 Plnivo - Refaglass

Toto plnivo se vyrábí z recyklátů skla, které se využívá na výrobu lahví a jiných výrobků. Tento odpad je nejdříve rozmělněn na jemný prach a následně promíchán s aditivou. Dále probíhá výpal na pásovém dopravníku, který putuje do pece, kde dochází k napěnění. Touto expandací vznikají uzavřené buňky, které jsou nenasákavé. Mají nízkou objemovou hmotnost a velmi dobré izolační vlastnosti. Refaglass má po výrobě šedou barvu dodávaný v zrnitostech 30 až 60mm. Sypná hmotnost plniva se pohybuje kolem 150 až 180 kg.m⁻³. Plnivo dosahuje pevností kolem 0,5 -1,3 MPa. Refaglass je vysoce tepelně odolný, jeho bod měknutí se pohybuje nad 700°C. Nejvíce je plnivo využíváno především jako zásypový tepelně izolační materiál, přičemž minimální tloušťka násypu by měla činit 15cm



Obrázek 12 - Plnivo Refaglass

6.2.2.3 Plnivo - Geocell

Plnivo Geocell je vyráběno z expandovaného skelného odpadu. Jde o nenasákavý materiál, Plnivo má uzavřenou strukturu buněk, které jsou vyráběné úmyslným plynutím při výrobním procesu. Je dodáván v zrnitosti 10 až 60 mm a dosahuje objemových hmotností 150 kg.m^{-3}



Obrázek 13 - Plnivo Geocell

6.2.2.4 Betonový recyklát

Betonový recyklát získáváme druhotným přetříděním betonu a jeho následným podrcením. Vzniklý recyklát má skoro stejnou objemovou hmotnost jako přírodní kamenivo, nižší mezerovitost o 10- 15%, objemovou hmotnost 7-10% než je u přírodního kameniva stejné zrnitosti. Betonový recyklát při určitém stupni navlhčení se vyznačuje dobrou soudržností cementového kamene s drceným betonem.

6.2.2.5 Brusné a řezné kaly:

Tento druh odpadu vzniká při broušení teraco dlaždic. Tento odpad se nazývá brusné a řezné kaly. Po výbrusu jsou následně promíchány a při procesu sedimentace jsou částečně zbaveny vody a následně vysušeny na vlhkost cca 40%. Kvůli této vlhkosti musí být před použitím dosušovány.

6.2.2.6 Lupek

Lupek původně usazená hornina, kde největší složku tvoří jílový minerál kaolinit. Pro naše potřeby se používá lupek, který vzniká jako materiál při úpravě a výpalu lupků a kaolinů. Takto vzniklý lupek je brán jako úletový materiál. Hrubé frakce lupku jsou zachycovány v cyklónech a jemnější frakce jsou zachycovány filtry při výpalu v peci. Lupky se svým obsahem Al_2O_3 a Fe_2O_3 liší, ale rozmezí se průměrně pohybuje okolo 32-42% Al_2O_3 a 1-4% Fe_2O_3 .

6.2.2.7 Gumový granulát

Jde o recyklovaný granulát vyráběný z použitých pneumatik. Využití použitých pneumatik je velmi výhodné environmentálně i ekonomicky. Výroba probíhá nejdříve mechanickým rozdrcením, pak separátory. Gumový granulát má velmi nízkou objemovou hmotnost a je velmi odolný vůči negativním vlivům. Materiál je netoxický a inertní.

6.2.3 Plniva z přírodních surovin

Do této kategorie spadají zrnitá kameniva nízkých objemových hmotností, které většinou prošli nebo jsou schopny projít procesem expanze. Tyto plniva mají většinou dobré izolační schopnosti a vysoký bod tání.

- Vermikulit
- Perlit
- Keramzit

6.2.3.1 Vermikulit

Vermikulit je hořečnatoželeznatá expandovaná slída vznikající skupenskou tepelnou změnou vody uložené v krystalické mřížce na vodní páru při teplotách 1100 °C. V jílovém minerálu dochází při expanzi k oddělování jednotlivých laminárních vrstev, tímto procesem se objem minerálu zvětší 20 až 30x. Vermikulit dosahuje sypané hmotnosti od 60 kg.m⁻³ až 200 kg.m⁻³. Ve stavebnictví se expandovaný vermikulit využívá pro lehčené a tepelně izolační malty, betony, pro výrobu cihel, desek a jiných tvarových dílců.[5]



Obrázek 14 - Vermikulit

6.2.3.2 Expandovaný perlit

Perlit je expandované vulkanické sklo obsahující až 5 % vázané vody, která se po zahřátí při teplotách uvolňuje za zvětšování objemů 5x až 10x. Expandovaný perlit má objemovou hmotnost 35 kg.m^{-3} až 150 kg.m^{-3} . Perlit je využíván pro výrobu cihel, desek, tvarových dílců a pro lehčené izolační betony.



Obrázek 15 – Expandovaný perlit

6.2.3.3 Liapor - keramzit

Plnivo Liapor je vyráběné z vhodných expandovaných jíílů. Frakce liaporů se pohybují v rozmezí 0 mm až 16 mm. Sypná hmotnost je 250 kg.m^{-3} do 900 kg.m^{-3} . Liapor má porézní strukturu a díky tomu má velmi dobré tepelně izolační schopnosti. Liapor je hojně využíván pro lehké betony, izolační prvky a zásypy.



Obrázek 16 - Liapor

O

6.2.4 Ekonomické zhodnocení plniv

Plnivo - produkt	Cena [Kč.m ⁻³]
Mikrosféry Omega-SPHERES W300	22000
Mikrosféry hollow cells Q-CEL-7014	7880
Vermikulit expandovaný	600-1260
Perlit expandovaný	2100
Liapor frakce 0-2mm	1655
Liapor frakce 0-4mm	1795
Liapor frakce 4-8mm	1695
Liapor frakce 8-16mm	1695
Refaglass	1368
Liaver frakce 0,25-0,5mm	4995
Liaver frakce 0,5-1mm	3795
Liaver frakce 1-2mm	3545
Liaver frakce 2-4mm	2995
Poraver	5694

*Zjištěné ceny jsou pouze orientační.

Z výše uvedených cen se jako nejvhodnější varianta jeví možnost využití plniv expandovaných jako je perlit a vermikulit. Další vhodnou variantou je využití plniv Liapor a Liaveru. Pro podlahovou směs bude nejlépe využít vhodnou kombinaci plniv v předem daném poměru. Tento poměr a kombinace vhodných plniv, ať odpadních nebo přírodních, by se mohl stát předmětem optimalizace.

7. Vylehčování stavebních látek

7.1 Možnosti vylehčování:

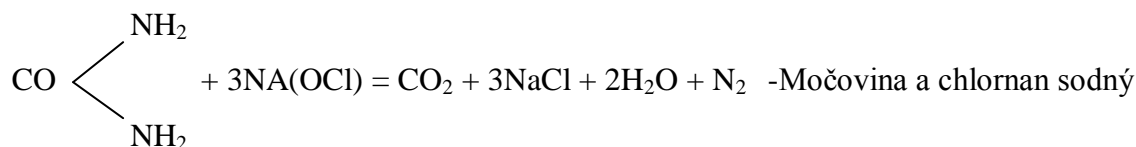
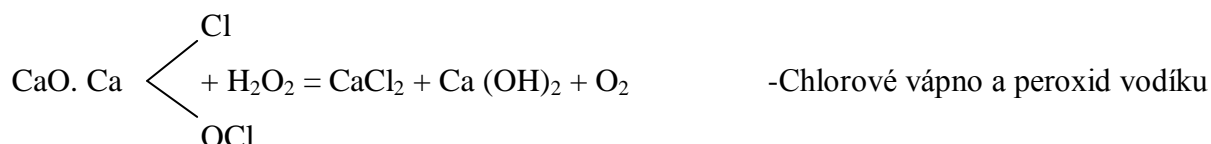
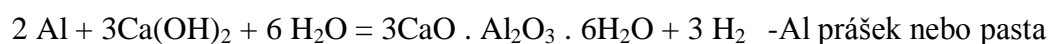
- A. Přímé- „vylehčení bylo dosaženo při výrobě vytvořením pórů přímo do vlastní hmoty. (Velikost pórů a jejich tvar přitom není rozhodující. Patří sem hmoty s velmi malými póry způsobené odpařením vody, tak i s většími vzduchovými kavernami mezi zrna kameniva.) Vylehčení přímé může být dosaženo odpařením vody nebo únikem jiných plynů zachycených v základní hmotě lehčeného materiálu. Tím dochází k tvorbě vzduchových dutinek a snížení hmotnosti. Často se také dosahuje přímého vylehčení napěněním materiálů (pěnový stav). Napěnění se používá pro celou řadu typů materiálů, jak pro výplně, pórovité kameniva i určité organické látky. Vzniklé dutiny jsou rozloženy rovnoměrně, a proto je struktura dané látky homogenní.“[5]
- B. Nepřímé – „vylehčení dosahujeme snížením objemové hmotnosti použitím lehkých pórovitých látek a to jak na organické bázi (dřevo, korků, hoblin, pazdeří...), tak i nerostných (křemeliny...) Vzduchové dutiny jsou obsaženy v zrněné výplni a jsou tedy rozloženy nerovnoměrně.“[5]
- C. Ve skladbě konstrukce -vylehčení bylo dosažením záměrnou skladbou konstrukce a volbou vhodného materiálu (polystyren, dřevo, desky, vzduchové mezery, zásypy ...). Je důležité zvláště dbát na materiál a jeho vlastnosti (např. nenasákavé desky), abychom omezili následné negativní chování podlahové konstrukce a následné znehodnocení.



Obrázek 17 - Vylehčení materiálové

7.2 Plynotvorné látky

Při výrobě se nejběžněji využívá jako plynotvorná látka hliníkový prášek. Obsah aktivního hliníku v hliníkovém prášku musí být alespoň 94 %. A nemá kolísat více než 1%. Dále se využívá prášku vápníku, zinku, hořčíku, barya a litia. Dále je možné využívat jiných nakypřujících směsí jako peroxidu vodíku a chlorového vápna močoviny a chlornanu dusného, karbidu vápníku za přídavku klihatu nebo kovového prášku a kalcimhydridu. Principem kynutí směsi a tvorbou pórů ve struktuře je uvolňování plynů vodíku, kyslíku, dusíku, acetylenu atd.



Pórobetony vyráběné ze základních složek a plynotvorné přísady, v ČR nejčastěji využíván Al prášek nebo pasta, obsahují makropóry tvořící až 80% celkového objemu. Plynotvorná přísada po přimísení do směsi reaguje s alkalickým prostředím a za uvolňování vodíku způsobují nakynutí dané směsi. Tato fáze se jmenuje po tomto procesu, protože opravdu připomíná kynutí těsta. Směs cementu a vápna zabezpečují stabilitu hmoty po nakypření a následně její zatuhnutí. Během 20 minut po smíchání všech složek a nalití směsi do forem dochází k zvětšování objemů a to až 4x. Následkem této fáze je vznik vysoce porézního materiálu. Propustnost mikropórů pórobetonové struktury zajišťují optimální difúzi vodních par a velmi dobré vyrovnávání vlhkosti vnitřního a venkovního prostoru. Přítomnost pórů ve velkém počtu dodává pórobetonu velmi dobré tepelně izolační vlastnosti a snižuje jeho objemovou hmotnost. Tato práce se bude zabývat především naplynováním pomocí

hliníkového prášku a chlornanu sodného s přidavkem močoviny. Tyto varianty byly vybrány, kvůli jejich perspektivě vytvořit směs připravenou k využití přímo na stavbě.[5]



Obrázek 18 - Hliníkový prášek

7.2.1 Historie

Za začátek výroby pórobetonů se pokládá patent A. Ericsona, používaný od roku 1924. Tato technologie se postupně ve velké míře uplatňovala ve Švédsku, Dánsku, Polsku a v zemích bývalého SSSR. Začátek výroby byl dán krizí ve Švédsku, kdy se dováželi velmi draze suroviny pro výrobu energie jako uhlí a oleje. Následkem bylo hledání materiálu, který by uspořil velké množství energie a to jak při výrobním procesu, tak i při jeho dlouhodobém používání. Vzhledem k nehostinnému prostředí v skandinávské oblasti byly náklady na vytápění tradičních staveb z masivních zdících materiálů opravdu velké, proto vznikl vizionářský stavební materiál – pórobeton s velkými vzduchovými dutinami s velmi dobými tepelně izolačními vlastnostmi. Masově se začal vyrábět v roce 1929. U nás je za začátky výroby pórobetonu považována produkce z roku 1958.[6]



Obrázek 19- Struktura pórobetonu

7.2.2 Hliníkový prášek

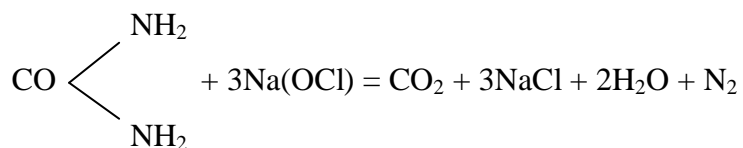
Chemická reakce: $2\text{Al} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2$

Al prášek je jednou z hlavních plynotvorných látek, kde jak je vidět na výše napsané rovnici reakce, že expanzním plynem je vzdušný vodík. Na 1m^3 se běžně používá okolo 0,1-0,5kg. m^{-3} . Tento prášek se velmi snadno oxiduje, proto se z důvodů samovznícení nebo výbuchu hliníkového prášku byl přidáván minerální olej nebo jiné tuky. Tyto látky byly těžké, proto při vyšších teplotách byli i tyto metody nebezpečné. Následujícím krokem bylo chemické odmašťování alkalickými látkami, jako jsou klišopryskyřičné emulze, mazlavé mýdlo, louh, soda. Tyto látky povrchový film zmýdelní a tím i odstraní. Tento krok je nutné provádět přímo ve výrobě. Dokonale odmaštěný Al prášek je poznat podle toho, že se ve vodě disperguje a sedimentuje, místo toho aby se vznášel na hladině. Rychlost vývoje plynu je určen převážně alkalitou, eventuálně přímo obsahem alkálií. Proto při využívání cementu pro výrobu plynobetonu je dobré přidávat vápno nebo hydroxid sodný. Což zaručuje dokonalé využití hliníkového prášku pro vývoj plynu. Specifické složení vybraného Al prášku: Al min. 98,0%; Fe max 0,4%; Si max 0,4%; Cu max 0,02%. Průměrná velikost částí 65 mikronů. Prášek je podle normy látkou definovanou jako H228, hořlavou tuhou látkou a H260, látkou při styku s vodou uvolňuje hořlavé plyny, které se mohou samovolně vznítit. Balení je individuální podle možností výrobce. Al prášky jsou distribuovány od balení po 0,1kg až po velké průmyslové dodávky.

Požadavky pro používání hliníkového prášku

- Obsah aktivního hliníku musí být nejméně 94% a nesmí kolísat více jak 1%.
- Hliníkový prášek musí být velmi jemný, protože se s jemností velmi urychluje vývoj plynu. Specifický povrch se má pohybovat od 700-1200 m^2 .kg.
- Hliníkový prášek se musí skládat z rovnoměrně velkých stříbrošedých částic šupinového tvaru, vzniklých rozmačkáním při mletí a tudíž majících největších reaktivnost. Dále prášek nesmí obsahovat slepené hrudky nebo zrna kulovitá, vznikající rozprášením tekutého hliníku a mající relativně malý reaktivní povrch nebo část zrn o větším průměru, protože reagují méně dokonale a plynové bublinky na nich se vyvíjející by byli příliš velké a struktura pórobetonu potom nerovnoměrná.
- Obsah tuku nemá překročit 1,3%, aby nenastávali potíže při odmašťování, eventuálně opožděný vývoj plynu.
- Vlhkost hliníkového prášku nesmí být vyšší než 0,2%. [5]

7.2.3 Močovina a chlornan sodný



Chlornan sodný- Chlornan sodný vzniká zaváděním chloru do roztoku hydroxidu sodného. V průmyslové výrobě lze provádět elektrolýzou s oddělením anody a katody s udržovanou teplotou pod 40°C. Chlornan sodný je kapalina žlutozelené, čiré až slabě zakalené barvy.

Močovina- Jiným jménem diamid kyseliny uhličitě. Močovina se v přírodě vyskytuje v moči savců obojživelníků i některých ryb. V průmyslu je v celosvětovém měřítku vyráběna kolem 100 milionů tun ročně. Komerčně se vyrábí z amoniaku a oxidu uhličitěho ve formě granulí, vloček, kuliček, roztoků.



Obrázek 20 - Močovina a chlornan sodný

7.3 Pěnotvorná přísada-pěnidlo

Pěnotvorná přísada způsobuje, že při míchání se do betonu fyzikální cestou dostává velké množství dostatečně pevných a stálých vzduchových bublin – vzniká pěnobeton.[5]

7.3.1 Historie

První výskyt pěnidel je datován v Rusku již před osmdesáti lety. Pěnidlo bylo vyráběno z rostliny rostoucí ve střední Asii (bohužel jméno rostliny je v současné době neznámé). Ve 30 letech se začali sovětské vědci zabývat myšlenkou vytvořit experimentální pěnidlo (podobné mýdlu), pro přidavek do malt, které by bylo možno průmyslově vyrábět. Výsledek tohoto nového experimentu byl nový stavební materiál. Teprve později odborníci začali tento materiál aktivně využívat v průmyslu jako pěnobeton, který vzniká smícháním cementu a chemických přísad. Na základě tohoto vývoje se v Rusku začaly dělat stavební materiály a dílce vyrobené z pěnobetonu -bloky, panely, příčky, které přesahovali tepelně izolačními vlastnosti výrobky z cihel a betonu zhruba 3-5x. Pěnidla pracovala na bázi povrchově aktivních látek (tenzidů). [13]

Pěnidla jsou rozdělena podle účinných látek, podle kterých účinkují :

A. Pěnidla na bázi bílkovin

Látky na bázi bílkovin se vyrábí hydrolýzou živočišných bílkovin obvykle z rohů, krve, kostí popřípadě podobných odpadů z chovu skotu, prasat či jiných dalších živočišných schránek. Tato výroba je nepřesná a vzhledem k měnícím se surovinám dochází ke kolísání kvality v konečném stavu výrobku. Dalším faktorem je velmi nepříjemný zápach z těchto produktů.

B. Pěnidla na bázi povrchově aktivních látek

Syntetické pěnotvorné látky jsou čistě chemického původu s konstantní kvalitou. Povrchově aktivní látky se hromadí na fazi rozhraní kapaliny či plynu a vytváří stabilizující film. Pro dobré pěnidlo je nutná schopnost filmu reagovat s dostatečně velkou změnou povrchového napětí v roztoku. Velmi velkou roli hraje rychlost difúze těchto povrchově aktivních látek.

C. Pěnidla na bázi enzymové

Enzymatické pěny jsou výsledkem nejnovějšího vývoje. Skládají se převážně z vysoce aktivních bílkovin rostlinného původu. Dosahují optimálnější kvality bez typického zápachu.

7.3.2 Pěnobeton

Lehké pěnobetony vznikají mísením pěny vzniklé z daného pěnidla s cementovou kaší většinou z portlandského cementu (CEM 42,5R nebo 52,5). Ve většině případů se vyrábí v zařízeních přímo určených pro pěnobetony přímo na staveništích. Součástí této technologie bývá i čerpadlo, kterým se směs může dopravovat až do vzdálenosti 50m a výšky 20m. Pěnobeton lze využívat pro rozsah teplot od +5 do +30 °C. Při vyšších teplotách je nutné povrchy vlhčit nebo ošetřovat jiným vhodným prostředkem. Nejčastěji jsou využívány chemické přípravky zamezující rychlému odpařování vody. Povrchy je možné chránit fóliemi nebo rohožemi a to jak proti odpařování, tak proti osychání povrchové vrstvy vlivem slunečního záření.

Výhody lehkých betonů pro podlahy

- Nízká objemová hmotnost
- Vysoká tepelně izolační schopnosti
- Nehořlavost
- Dlouhodobá stálost
- Propustnost pro páru
- Odolnost proti rázům a plísním
- Dobrá mechanická pevnost v závislosti na objemové hmotnosti
- Odolnost proti zmrazovacím a rozmrazovacím cyklům



Obrázek 21 - Stroj pro výrobu pěny na stavbě

7.3.3 Pěnidla dostupná na světovém a tuzemském trhu

Pěnidlo	Barva	Hustota kg.m^{-3} při 20°C	Dávkování	Balení
Darex® AE S 45	Bezbarvá až světle žlutá	1010	1: 40 kg	kanystr 23 kg Barel 220 kg,
Sika SB2	Bezbarvá až nažloutlá	1010	150-230g/100 l pěny.	kanystr 30 kg Barel 200 kg
FOAM GA 285	Světle žlutá až čirá	1120	1 : 25 kg	kanystr 20 kg sud 200 kg kontejner 1000kg
FN1	Tmavohnědá	1124	2 -4,5% *	Kanystr 25- 30kg
KEMACON LPA	Světle modrá tekutina	1010	0,05 až 0,4% *	Kontejnery 1000l sudy 50 kg kanystry 10, a 5 kg, PE lahve 1 kg

* vztahuje se na hmotnost cementu

7.3.3.1 Darex® AE S 45

Darex ® AE S 45 je syntetický pěna koncentrát používá k výrobě lehké pěny cement směsi betonu. Lehký beton se používá jako materiál pro vyplň tunelů a podzemních staveb, vyrovnávací vrstvy podlah a střešních konstrukcí a je dobrý jako izolační vrstva pro pozemní stavby. Účinné látky jsou na bázi tenzidů ve formě kapaliny. Barva bezbarvá až světle žlutá. Hustota je $1010 \pm 20 \text{ kg.m}^{-3}$. Bod mrazu se nachází u -3°C . Hodnota pH se pohybuje kolem $9,5 \pm 1$. Skladování je v těsně uzavřených obalech chráněné před zdroji tepla a chladu. Dávkování pěny probíhá tak, že Darex ® AE S 45 je automaticky smíchán s vodou v poměru 1:40. 1kg Darex ® AE S 45 vyrobí zhruba~ 600 dm^3 pěny (hustota pěny ~ $60\text{-}70 \text{ kg.m}^{-3}$). Balení je po barel 220 kg, kanystr 23 kg. Fyziologické účinky v kontaktu s očima a kůží v případě možné alergické reakce. Výrobek neobsahuje žádné agresivní prvky. Vyrobeno v Německu.[12]

7.3.3.2 Sika SB2

Pěnidlo německé výroby od firmy Sika SB2. Pěnidlo pracuje na chemické bázi organických tenzidů. Toto pěnidlo je vhodné především k výrobě velmi lehkých malt a lehkých betonů a to jak z normálního nebo lehkého kameniva. Dle výchozí směsi lze vyrobit betony a malty s objemovou hmotností od 400 kg.m^{-3} do 2000 kg.m^{-3} . Dále je využíváno pro tepelné izolace, výplňové betony-tekuté výplně stavebních jam, kanálů, tunelů, sklepů apod.

Výhody: nízká váha stavebních konstrukcí, zlepšení stavebně-fyzikálních vlastností betonu., možnost nastavení objemové hmotnosti směsi, objem betonu se nemění ani po jeho uložení.

Pěnidlo je Bezbarvá až nažloutlá tekutina. Modrozelená tekutina. Objemová hmotnost dosahuje hodnot 1010 kg.m^{-3} při běžné teplotě 20°C . Obsah chloridů v napěňovadle nepřekračuje hranici 0,10%. Teplota zpracování je výrobcem stanovena na $+1^\circ\text{C}$ a výše. Dávkuje se na 1,5-2,3 kg na m^3 pěny[6].

Chemické složení:

Chemický název	Číslo CAS	%	Číslo EC	Klasifikace
2-butoxyethanol	111-76-2	35-50	203-905-0	Xn; R20/21/22 Xi; R36/38 [1] [2]
Sírová kyselina, mono-C12-14-alkyl estery, sloučeniny s triethanolaminem	90583-18-9	5-10	292-216-9	Xi; R41, R38 [1]
Sulfonové kyseliny, C14-16-alkánhydroxydy a C14-16-alken, sodné soli	68439-57-6	1-5	270-407-8	Xi; R41, R38 [1]
Dodekan-1-ol	112-53-8	1-2.5	203-982-0	Xi; R38 N; R50/53 [1]



Obrázek 22 – Pěna z pěnidla Sika SB2

7.3.3.3 FOAM GA 285

Silně pěnotvorná přísada, která je používána pro výrobu lehkých betonů a lehkých čerstvých malt. Pěnidlo FOAM GA 285 vytváří celistvou, stabilní a jemnou strukturu vzduchových pórů. Přísada není určena pro předpjaté betony. Barva je světle žlutá až čirá. Objemová hmotnost při +20 °C 1,12 kg.m⁻³ (směs obsahuje anionické a neionické tenzidy). Povolená dávka činí 5ml.kg⁻¹ cementu. S 1,5–2,0 kg přísady smíchané s vodou v poměru 1 : 25 lze vyrobit cca 1m³ pěny (hmotnost pěny 40–60 kg.m⁻³).[12]

Balení:

- kanystr 20 kg
- sud 200 kg
- kontejner 1000 kg

7.3.3.4 SIRCONTEC FN1

Toto pěnidlo je využíváno více než let v praxi. Dodáváno v plastových kanystrech o hmotnosti 25- 30kg. Výrobce je firma SIRCONTEC. Pěnidlo je založeno na hydrolyzovaných proteinech, stabilizovaných zinečnatou a železitou solí. Tekutina má tmavohnědou barvu s mírným specifickým zápachem. pH hodnoty při teplotě 20°C se pohybují v rozmezí 6,5-7,5 . Hustota při této teplotě je 1,124 kg.m⁻³. Výrobce udává bod tuhnutí při - 15°C a bod varu při +100°C. Pěnidlo FN1 není explodující ani hořlavé a je biologicky odbouratelné. Dávkování koncentrátu 2-4,5 %. Hmotnost vzniklé pěny se pohybuje okolo 45-85 kg.m⁻³. Skladování pouze v uzavřených nádobách při teplotách nad 0 °C[8]



Obrázek 23 - Struktura a výroba pěnobetonu s SIRCONTEC FN1

7.3.3.5 KEMACON LPA (1 kg)

Přípravek neobsahuje chlor, čili je neškodný pro armaturu. V příslušném betonu či maltě vytváří velké množství pórů do velikosti 300 μm . Provzdušňovač zvyšuje trvanlivost všech betonů vystaveným rozmrazovacím podmínkám. Při vyšších dávkách působí jako pěnidlo a je využíváno pro tepelně izolační omítky a pěnobetony. Dávkuje se 0,05 až 0,4% z hmotnosti cementu, přičemž maximální dávka je 0,8% z hmotnosti cementu. Vzhled čirá světle modrá tekutina. Obj. hmotnost se pohybuje okolo 1,01 g.cm^{-3} při minimální teplotě potřebné k aplikaci $+5^{\circ}\text{C}$. Balení po 1000 l kontejnery, sudy 50 kg, kanystry 10 a 5 kg, PE lahve 1 kg.[13]



Obrázek 24 - Pěnidlo KEMACON LPA

7.3.3.6 Niopen(Ukrajina)

Pěnidlo Niopen je určeno pro výrobu integrovaných pěny, která má plastifikační vlastnosti a zlepšuje technické a funkční vlastnosti betonu a sníží spotřebu materiálu. Barva tekutiny je smaragdově tyrkysová. Obj. hmotnost se pohybuje při 200°C okolo 1100-1200 kg.m^{-3} , pH hodnota je 7,0 - 9,0. Pracovní roztok by se měl pohybovat o objemovém podílu pěny, 4: 7.6. Pěnová stabilita je nejméně 100 sekund.



Obrázek 25 - Pěnidlo Niopen

7.3.3.7 Izotsem(Itálie)

Pěnivý prostředek pro lehký pórobeton vyráběný italskou firmou Laston SPA je založena na bázi hydrolyzované bílkoviny-keratinu (organické pěnidlo). Pěnidlo bylo navrženo speciálně pro výrobu lehkého pórobetonu. Přísada je úsporná, jednoduchá na přípravu a použití. Barva tekutiny je tmavá až černá. Hustota při 150 °C: se pohybuje okolo $1,13 \pm 0,01 \text{ kg.l}^{-1}$. Ve vodě je zcela rozpustné. pH přísady je $6,7 \pm 0,3$. A neobsahuje žádné sírany.



Obrázek 26 - Pěnidlo Izotsem

7.3.3.8 ChP(Ukrajina)

Pěna na bázi bílkovin s proteinem mýdlovou pěnou. Je šetrná k životnímu prostředí

7.3.3.9 Polimer Prom

Základ napěňující přísady je vyroben z polyuretanu. Je využíván pro podklady pro stavbu mostů železničních, silničních a podkladů různých typů.

7.3.3.10 Segnetel (Ukrajina)

Pěnidlo pro pěnové betony je založeno na bázi proteinové pěny s využitím pro různé třídy betonu. Barva viskózní kapaliny je hnědá. Objemová hmotnost je při 20 ° C okolo $1,04 \text{ kg.m}^{-3}$. pH hodnota nepřesahuje 8.



Obrázek 27 - Pěnidlo Segnetel

7.3.3.11 UNISELL (Yunisel)

Pěnidlo je založeno na bázi bílkovin-proteinů. Při použití může pěna Yunisel snížit spotřebu cementu o 50 kg na 1 m³. Pěnění má plastifikační účinek Yunisel a snižuje vodní součinitel, což zvyšuje pevnost pěnového betonu.



Obrázek 28 - Pěnidlo UNISELL

7.3.3.12 PB-LUX

Pěnidlo PB-Lux je optimální směs založená na aniontově povrchových aktivních látkách. Používá se jako nadouvadlo pro výrobu pěnového betonu. Produkt má vysoké technické, ekonomické a environmentální vlastnosti. Objemová hmotnost pěny se pohybuje okolo 350 -1200 kg.m⁻³.

Hlavní výhodou pěnidla je jeho univerzálnost a možnost použití do všech tradičních technologií. Koeficient stability pěny v cementové pastě přesahuje 0,95.

7.3.3.13 Batichem

Tvoří malé jednotné póry. Je mírně toxický, avšak pomalu hořící, kde hrozí nebezpečí samozápalu při teplotě 430 °C. Barva pěnotvorného činidla je světle hnědá až průsvitná.

Objemová hmotnost 1000-1200 kg.m⁻³ při 20 °C a dosahuje pH hodnot 7,5-10. Násobnost pěny je 20. Pěnová stabilita dosahuje nejméně 240 sekund. Doba použitelnosti se pohybuje alespoň 12 měsíců v uzavřených nádobách při teplotách nad 0 °C. Spotřeba 0,5-1 litrů na 1 pěny m³.



Obrázek 29 - Příprava pěny in-situ

7.3.3.14 STHAMEX F-15

Syntetické pěnidlo fungující na bázi ohraničených aktivně působících látek. Pěnidlo lze využívat pro výrobu lehkých, středních i těžkých pěn nebo jako smáčedlo. Je fyziologicky a biologicky nezávadná a odbouratelná. Balení je distribuováno po 25 litrech.

Těžká pěna-mrazuvzdornost -15 °C při přimísení 5,0% je číslo napěnění menší než 20 a poločas rozpadu větší než 20 minut

Střední pěna- mrazuvzdornost -15 °C při přimísení 5,0% je číslo napěnění větší než 20 a poločas rozpadu větší než 15 minut

Lehká pěna- mrazuvzdornost -15 °C při přimísení 5,0% je číslo napěnění větší než 200 a poločas rozpadu větší než 1 minuta



Obrázek 30 - Pěnidlo distribuováno v 25 l

7.3.3.15 Finiflam allround

Pěnidlo pracuje na bázi tenzidů je využíváno pro výrobu těžkých ,středních i lehkých pěn nebo jako smáčedlo. Je fyziologicky nezávadné a odbouratelné

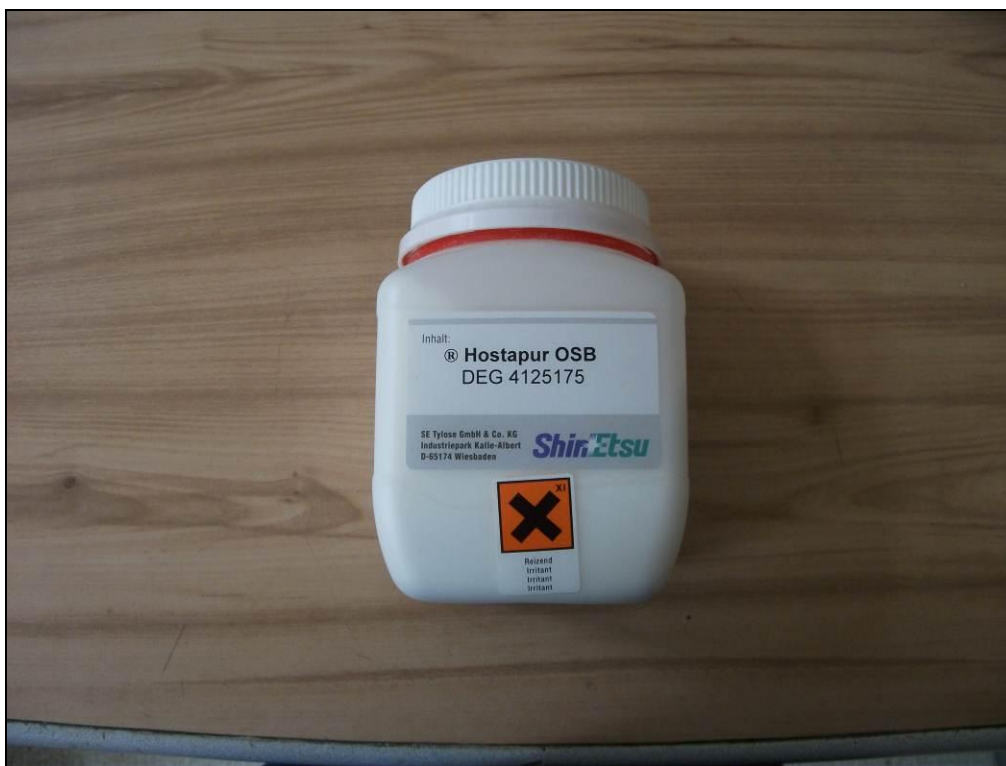
syntetické víceúčelové pěnidlo na bázi tenzidů lze použít pro výrobu těžké a střední pěny nebo jako smáčedlo. Pěnidlo není fyziologicky závadné a je biologicky odbouratelné.

Těžká pěna-mrazuvzdornost -10 °C při přimísení 5,0% je číslo napěnění větší než 100 a poločas rozpadu větší než 20 minut

Střední pěna- mrazuvzdornost -10 °C při přimísení 5,0% je číslo napěnění větší než 90 a poločas rozpadu větší než 15 minut

7.3.3.16 Hostapur OSB

Přísada způsobující napěňování je koncipováno převážně pro suché malty. Princip fungování je založen na povrchově aktivních látkách. Do dané směsi vnáší jemné vzduchové póry. Dávka doporučená výrobcem se pohybuje v rozmezí 0,01 – 0,03% k suché směsi. Pěnidlo zároveň působí i jako částečný plastifikátor. Pěnidlo je dodáváno ve vícevrstvých pytlích s ochranou proti vniknutí vlhkosti. Jsou baleny po 20 nebo 25 kg na paletách vybavených samosmršťovací fólií. Jednotlivá paleta váží podle počtu pytlů na ni 600, 800 nebo 1000kg.



Obrázek 31 - Přísada HOSTAPUR OSB

8. Laboratorní ověření vlastností použitých přísad

V této části budou vyzkoušeny možnosti vylehčování pomocí přísad, které způsobují expanzi plynu nebo napěnění. Tato část je provedena, kvůli pochopení základního chování a fungování daných látek. Zjištění vlivu na objemovou hmotnost a pevnost v tlaku.

8.1 Laboratorní zkoušky přísad způsobující expanzi

8.1.1 Hliníkový prášek

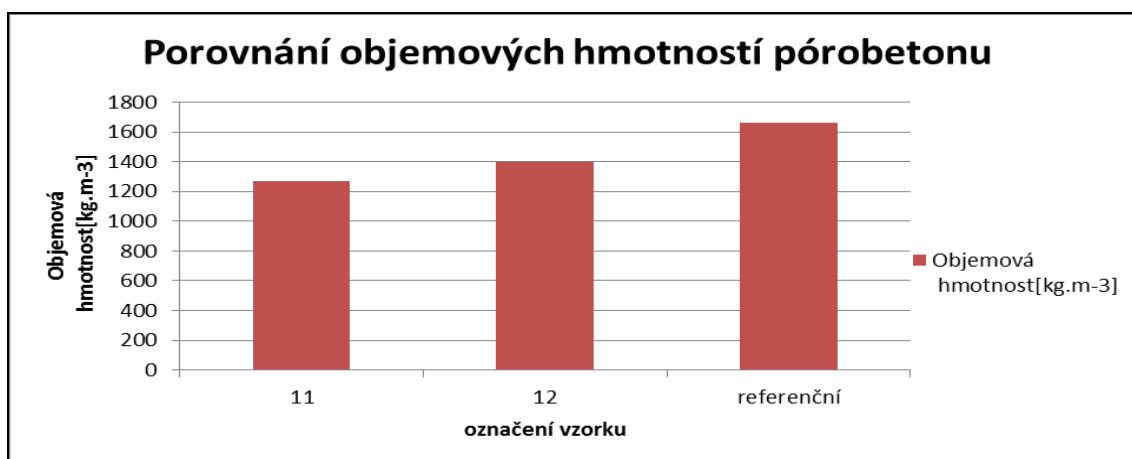
Hliníkový prášek promíchaný s ostatními surovinami v dané receptuře způsobuje za zvýšené teploty unikání vzdušného vodíku a následné vytvoření pórů ve vzorku cementové hmoty, to vše za snížení objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku. Reakce po vložení do proteplené formy probíhá bouřlivým nárůstem objemu, způsobenou unikajícím plynem vodíku.



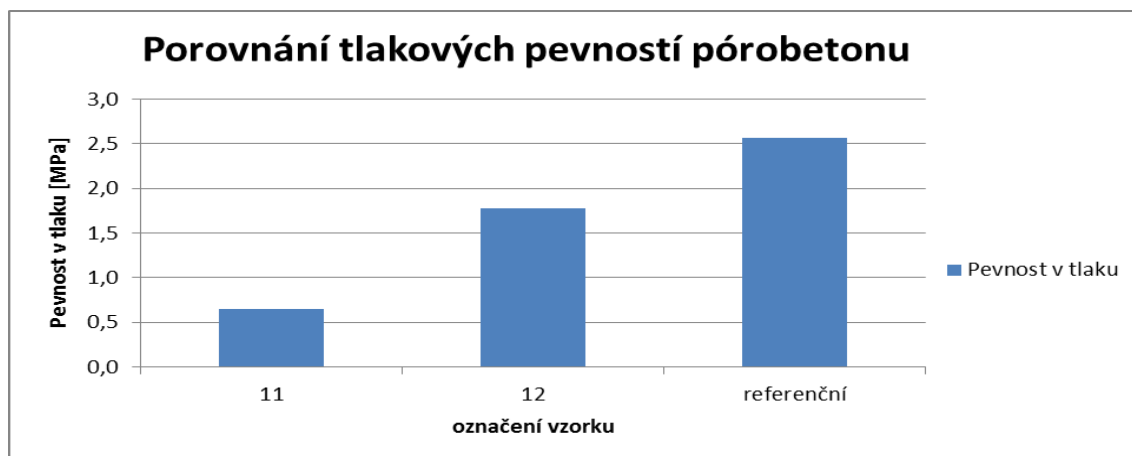
Obrázek 32 - Použitý hliníkový prášek

	Suroviny	
Receptura 1:	Cement 42,5R	200g
	Nehašené vápno	200g
	Kamenivo frakce 0-4mm	600g
	Voda o teplotě 50°C	250ml
	hliníkový prášek + odmašťovadlo	0,8g

Vzorek	Strana			Hmotnost[g]	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Síla v tlaku	Pevnost v tlaku
	a[mm]	b[mm]	c[mm]			[kN]	[MPa]
11	100,13	101,45	99,37	1286,09	1270	6,5	0,6
12	100,84	99,21	104,03	1459,61	1400	18,4	1,8
Referenční (bez Al)	98,85	99,58	73,10	1193,00	1660	18,7	2,6



Obrázek 33 - Přehled výsledků objemových hmotností pro recepturu s hliníkovým práškem



Obrázek 34 - Přehled výsledků pevností v tlaku pro recepturu s hliníkovým práškem

Z grafického vyhodnocení je patrné, že vzorky pórobetonu s hliníkovým práškem podle očekávání mají nižší pevnosti v tlaku i nižší objemové hmotnosti než u vzorku referenčního. Průměrně je pevnost v tlaku pro vzorky s hliníkovým práškem je 1,2 MPa, což je zhruba poloviční pevnost než u referenčního vzorku. Objemová hmotnost je průměrně 1340 kg.m⁻³, což je snížení hmotnosti o 20%. Snížení objemové hmotnosti bylo dosaženo reakcí hliníkového prášku s Ca(OH)₂ za vzniku a usazení vzdušného vodíku v cementové matici.

8.1.2 Močovina a chlornan sodný

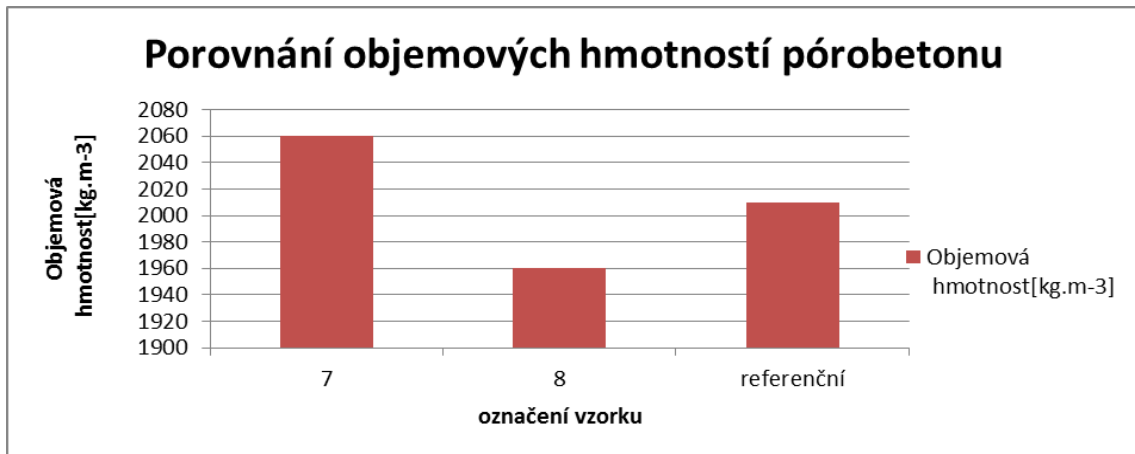
U směsi těchto látek dochází k chemické reakci, z které se následně uvolňuje dusík a oxid uhelnatý. Následně dochází k nakypření směsi. Z literatury ani z předchozího výzkumu fakulty nebylo možné zjistit přesný průběh nebo specifické požadavky reakce, protože v praxi výroby pórobetonu se tento typ reakce využívá jen velmi zřídka.



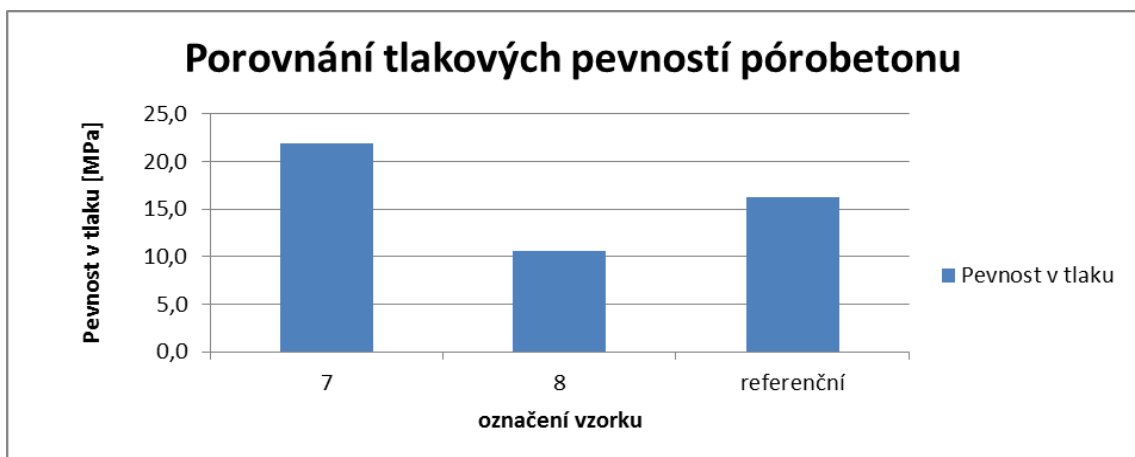
Obrázek 35 - Močovina a chlornan sodný

	Suroviny	
Receptura 2:	Cement 42,5R	450g
	Kamenivo frakce 0-4mm	1350g
	Voda (-chlornan sodný)	212ml
	Chlornan sodný a močovina v poměru 1:1	5% z suché směsi (45g) 10% z suché směsi (90g)

	Strana			Hmotnost[g]	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Síla v tlaku	Pevnost v tlaku
Vzorek	a[mm]	b[mm]	c[mm]			[kN]	[MPa]
7	100,01	100,28	97,73	2020,53	2060	215,0	21,9
8	101,28	103,18	93,94	1920,44	1960	103,0	10,6



Obrázek 36 - Přehled výsledků objemových hmotností pro recepturu s chlornanem sodným a močovinou



Obrázek 37 - Přehled výsledků pevností v tlaku pro recepturu s chlornanem sodným a močovinou

Z grafického vyhodnocení je patrné, že k vylehčení vzorků v průměru nedošlo, naopak došlo ke snížení pevnosti v tlaku oproti referenčnímu vzorku. Reakce chlornanu sodného při smísení s močovinou probíhá velice bouřlivě za vzniku velkého množství plynu. Reakce ovšem proběhla natolik rychle, že vzniklý plyn uniknul před zatuhnutím v cementovém tmele do ovzduší. Pro optimalizování příštího počínání je nutné vyřešit problém předčasného unikání plynu, popřípadě možnosti rychlejšího zatuhnutí cementového tmele před únikem vytvořeného plynu, který nestihne vytvořit póry.

8.2 Laboratorní zkoušky přísad způsobující napěnění

8.2.1 Pěnidlo SB2 Sika

Na daném pěnidle byly provedeny následující zkoušky:

- číslo napěnění
- stanovení vlivu pěny na pevnost v tlaku
- stanovení vlivu pěny na objemovou hmotnost

Číslo napěnění:

Do mixéru byla vložena směs vody a pěnidla SB2 Sika v poměru 9:1. Jeden díl byl předem stanoven na 10ml. Celková směs byla tedy 100ml. Po zapnutí mixéru a jeho dvou minutovém intenzivním míchání byl změřen objem vzniklé pěny na 0,85 l.

$$N_f = V_f / V_1 \quad [-] \quad N_f = 0,85 / 0,1 \quad N_f = 8,51$$

Číslo napěnění určuje schopnost (kvantitu) pěnidla vytvářet množství pěny.

Objemová hmotnost a pevnost v tlaku:

Použité suroviny: Cement Portlandský 42,5 R Hranice, kamenivo frakce 0-4mm, voda, pěna vytvořená z pěnidla SB2 Sika.

Vzorky byly tvořeny do forem 100x100x100mm.



Obrázek 38 - Pěnobeton vzniklý použitím SB2 Sika pěnidla

Zkoušky pěnidla SB2 Sika:

	Suroviny	
Receptura 3:	Cement 42,5R	250g
	Kamenivo frakce 0-4mm	750g
	Voda	225ml
	Objem vmísené pěny	0,85176l

	Strana			Hmotnost[g]	Objemová hmotnost[kg.m ⁻³]	Síla v tlaku	Pevnost v tlaku
Vzorek	a[mm]	b[mm]	c[mm]			[kN]	[MPa]
1	100,25	93,53	100,00	1698,90	1810	10,0	1,1
2	99,20	95,87	101,45	1631,27	1690	8,9	0,9

	Suroviny	
Receptura 4:	Cement 42,5R	450g
	Kamenivo frakce 0-4mm	1350g
	Voda	225ml
	Objem vmísené pěny	0,85176l

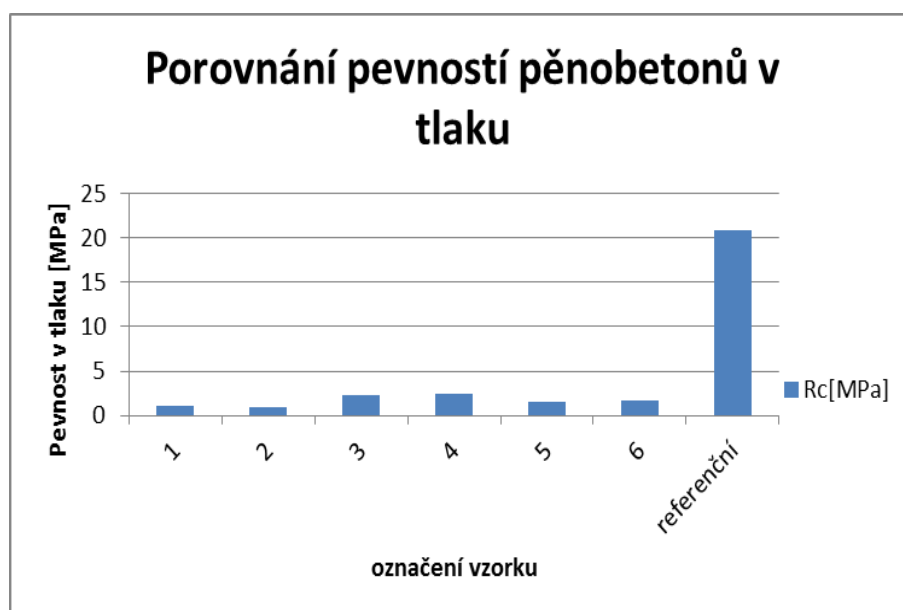
	Strana			Hmotnost[g]	Objemová hmotnost[kg.m ⁻³]	Síla v tlaku	Pevnost v tlaku
Vzorek	a[mm]	b[mm]	c[mm]			[kN]	[MPa]
3	99,72	100,06	79,87	1108,32	1390	13,0	1,6
4	100,20	98,67	96,56	1236,54	1300	16,4	1,7

	Suroviny	
Receptura 5:	Cement 42,5R	450g
	Kamenivo frakce 0-4mm	1350g
	Voda	225ml
	Objem vmísené pěny	0,420l

	Strana			Hmotnost[g]	Objemová hmotnost[kg.m ⁻³]	Síla v tlaku	Pevnost v tlaku
Vzorek	a[mm]	b[mm]	c[mm]			[kN]	[MPa]
5	100,84	101,20	95,43	1446,10	1480	21,9	2,3
6	101,53	100,67	98,67	1386,85	1380	23,5	2,4



Obrázek 39 - Grafické porovnání objemových hmotností vzniklých pěnobetonů za použití pěnidla SB2 Sika



Obrázek 40 - Grafické porovnání pevností v tlaku vzniklých pěnobetonů za použití pěnidla SB2 Sika

Pevnosti daných vzorků při použití pěnidla SB2 Sika klesly velmi výrazně a to na hodnoty okolo 1,5 MPa. Dosáhli jsme snížení objemové hmotnosti vmísením předem určeného množství pěny. Objemové hmotnosti se průměrně pohybují kolem 1630 kg.m^{-3} .

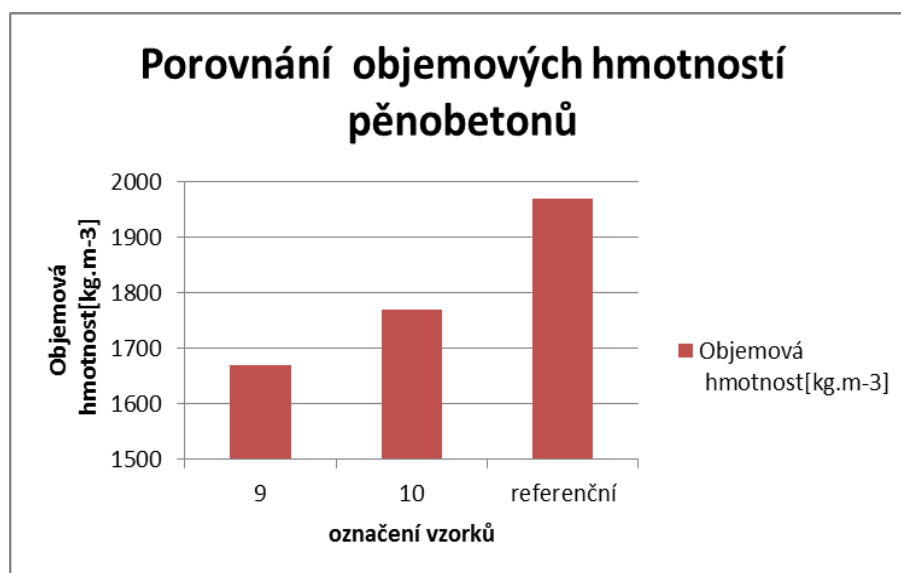
Intenzivnějšího snížení objemové hmotnosti je možné dosáhnout vmísením většího objemu pěny bylo použito v dané receptuře.

8.2.2 Přísada HOSTAPUR OSB

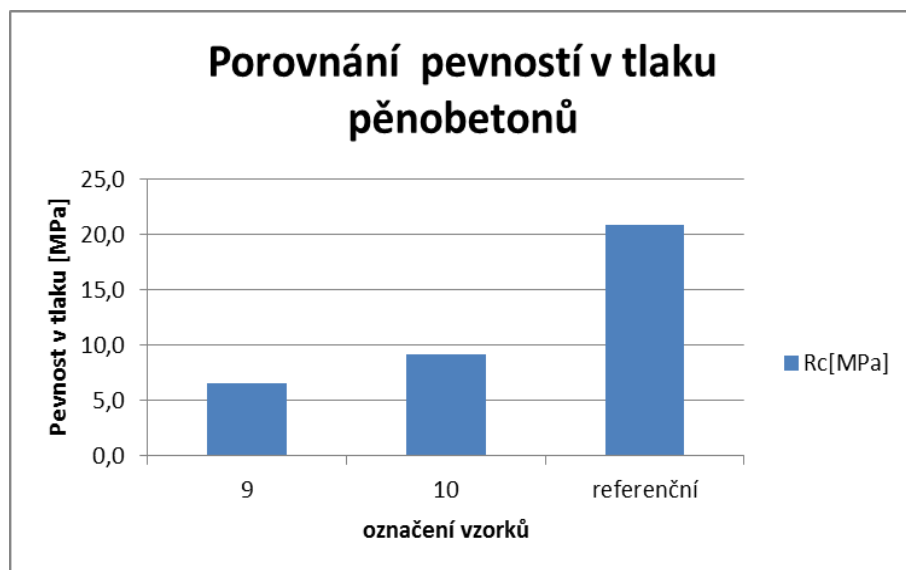
Přísada HOSTAPUR OSB je zrnité struktury s napěňovacími a plastifikačními účinky. Dávkování je 0,005-0,03% z celkové suché směsi. Protože pěnidlo je na pevné bázi, proto nebylo zkoušeno číslo napěnění.

	Suroviny	
Receptura 6:	Cement 42,5R	450g
	Kamenivo frakce 0-4mm	1350g
	Voda	250ml
	pěnidlo HOSTA PUR OSB	0,03% ze suché směsi (0,54g)

	Strana			Hmotnost[g]	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Síla v tlaku	Pevnost v tlaku
Vzorek	a[mm]	b[mm]	c[mm]			[kN]	[MPa]
9	100,63	100,42	100,38	1691,98	1670	66,0	6,5
10	99,93	98,58	101,21	1763,21	1770	91,0	9,1



Obrázek 41 - Grafické porovnání objemových hmotností vzniklých pěnobetonů za použití napěňovací přísady HOSTAPUR OSB



Obrázek 42 - Grafické porovnání pevností v tlaku vzniklých pěnobetonů za použití napěňovací přísady HOSTAPUR OSB

Z grafického vyhodnocení je patrné snížení průměrné pevnosti v tlaku na 7,8 MPa a snížení objemové hmotnosti v průměru na 1720 kg.m^{-3} . Z naměřených hodnot je patrné, že úspěšně došlo k záměrnému snížení objemové hmotnosti napěněním cementového tmele. Přísada HOSTAPUR OSB působí nejen jako přísadu způsobující napěnění dané směsi, ale i jako plastifikátor, který kladně ovlivňuje zpracovatelnost míchané směsi. Suchá přísada HOSTAPUR OSB je vhodná pro vytvoření pytlované směsi.

9. Diskuze výsledků

Pro vylehčení průmyslových podlah byly v této bakalářské práci určeny základní možnosti vylehčení pomocí plniva, plynobetonu, pěnobetonu a jejich možných kombinací. Plniva byla rozdělena na plniva přírodní, plniva odpadní a plniva vyráběná z odpadních látek. Z uvedených zmíněných kategorií plniv je možné plné nebo jen částečné náhrady běžného kameniva v podlahové směsi, kde výsledným efektem bude záměrné snížení objemové hmotnosti za přijatelné snížení pevnosti. Vhodnou možností se jeví využití cenosfér, expandovaných kameniv a popílků. Při využití popílku vykazující pucolánové vlastnosti sice dochází k snížení počátečních pevností v nově vytvořené hmotě, ale v dlouhodobých pevnostech se vyrovnají běžnému kamenivu. Cenosféry velmi vhodně vylepšují křivku zrnitosti, zlepšují žároodolnost a snižují objemovou hmotnost. Z ekonomického hlediska se jeví vhodnou možností využití plniv expandovaného perlitu, expandovaného vermikulitu či Liaporu, kde je možné využití kombinace plniv v různém možném poměru.

Pro vylehčení pomocí plynobetonu byly stanoveny možnosti vylehčení pomocí hliníkového prášku nebo kombinace močoviny a chlornanu sodného. Z provedených základních laboratorních zkoušek je patrné, že použití chlornanu sodného a močoviny pro vylehčení průmyslových podlah zatím není možné. Při smísení močoviny a chlornanu sodného dochází k bouřlivé okem viditelné reakci, kde vzniklý plyn odchází z dané struktury vzorku příliš rychle před zatuhnutím cementové matrice. Tento jev je možné přisoudit vlivu receptury. Chlornan sodný a močovina byla vybrána, kvůli předpokladům vytvoření suché pytlované směsi s možností využití přímo in-situ.

Hliníkový prášek, který je běžně průmyslově využíván, v laboratorních podmínkách vytvořil vhodně nakypřené vzorky s přijatelnými fyzikálními vlastnostmi za současného proteplování. Hliníkový prášek je vhodnou surovinou pro vložení plynových pórů do cementové matrice a tím jeho vylehčení. Pro jeho vlastnosti není možné vytvoření pracovní pytlované směsi. I přes tuto nevýhodu vykazuje hliníkový prášek velmi dobré zlepšení fyzikálních vlastností hlavně snížení objemové hmotnosti vnesením vzduchových pórů.

Pro vylehčení pomocí napěňujících přísad byli laboratorně odzkoušeny pěnidla HOSTAPUR OSB a Sika SB2. U namíchaných vzorků s pěnidlem Sika SB2 byla objemová hmotnost snížena pomocí vmísení pěny, vzniklé dvouminutovým intenzivním mícháním. Ve výsledných zkouškách je patrné, že došlo k razantnímu snížení objemové hmotnosti. Tyto vlastnosti je možné dále optimalizovat množstvím vmísené pěny. Vzorky laboratorně

vyrobené přidáním pěnidla HOSTAPUR OSB vykazovaly velmi dobré fyzikální vlastnosti a to především snížení objemové hmotnosti o zhruba 15% oproti referenčnímu vzorku. Pěnidlo HOSTAPUR OSB je zrnitý suchý materiál s plastifikačními účinky, který se dávkuje do suché směsi a reaguje až po přidání vody. Proto pěnidlo HOSTAPUR OSB je velmi vhodné pro vytvoření pracovní pytlované směsi.

K dosažení efektivních snížení objemových hmotností je nejlepší cestou kombinace výše uvedených možností vylehčení, jako je použití vylehčených plniv a vytvoření pěnobetonu, plynobetonu.

10. Závěr

Práce byla zaměřena na řešení druhů průmyslových podlah a jejich šíři použití, vhodného řešení užití druhotných surovin jako plné či částečné náhrady plniva a možnosti snížení hmotností pomocí vzniku plynobetonů a pěnobetonů v cementové matrici.

Byl vytvořen výčet vhodných odpadních, přírodních a z odpadu vyráběných plniv, které je možné využít jako částečnou či plnou náhradu běžných kameniv za snížení hmotností konstrukce. Dále byl vypracován přehled výhodnosti pro využití těchto plniv na základě jejich ekonomického vlivu na výslednou podlahovou konstrukci.

V oblasti plynobetonů byla provedena analýza trhu zhodnocující možnosti výroby plynobetonů pro průmyslové podlahy. Pro výrobu průmyslové podlahové směsi byly vybrány možnosti výroby plynobetonu za přídavku hliníkového prášku nebo kombinace chlornanu sodného a močoviny. Výroba pěnobetonu pomocí hliníkového prášku vykazuje dobré snížení objemových hmotností. Ale využití hliníkového prášku pro tvorbu pytlované pracovní směsi je zatím nemožné kvůli jeho technologickým vlastnostem. Kombinace močoviny a chlornanu sodného je teoreticky velmi vhodnou možností pro tvorbu pracovní pytlované směsi, která by mohla být využita in-situ. U této kombinace je do budoucna nutné technologicky optimalizovat vývoj nakypřovací reakce, kdy plyn uniká příliš rychle oproti tuhnutí směsi vzorku.

V oblasti pěnobetonů byla provedena analýza trhu zhodnocující druhy přísad způsobující napěnění, jejich využití a druh působení. Tato analýza byla provedena jak na tuzemském trhu, tak i na světovém trhu. Pro laboratorní zkoušky byly vybrány, jako zástupci přísad způsobující napěnění, HOSTAPUR OSB a Sika SB2. Sika SB2 je zástupcem ztekuceného pěnidla, které se využívá nejdříve k výrobě pěny in-situ a následného promísení s cementovou hmotou. HOSTAPUR OSB je suchá přísada, způsobující vnesení vzduchových pórů do matrice cementové hmoty, po smísení s vodou a následném intenzivním míchání. Zároveň působí jako částečný plastifikátor a zlepšuje zpracovatelnost směsi. HOSTAPUR OSB se dávkuje do suché směsi a reaguje až po přidání vody, a proto je vhodný k vytvoření pracovní směsi.

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci projektu FR-TI3/742 - Systém lehčených hmot pro dokončování staveb s druhotnými surovinami.

Literatura a použité zdroje

- [1] SVOBODA, Pavel. *Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2007, 111 s. ISBN 978-80-8076-054-0.
- [2] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004, 471 s. ISBN 80-807-6007-1.
- [3] PYTLÍK, Petr. *Vlastnosti a užití stavebních výrobků*. Brno: VUTIUM, 1998, 399 s. ISBN 80-214-1123-6.
- [4] PYTLÍK, Petr. *Technologie betonu*. 2. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 390 s. ISBN 80-214-1647-5.
- [5] DROCHYTKA R., MATULOVÁ P., *Lehké stavební látky*, Vysoké učení technické v Brně 2006
- [6] www.imaterialy.cz
- [7] www.ceskestavby.cz
- [8] www.sircontec.sk
- [9] www.koostav.cz
- [10] www.heidelbergcement.cz
- [11] www.basf-cc.cz
- [12] www.ua.all.biz
- [13] www.ua.all.biz/cs/enterprises/by_product/?category=2795®ion=23
- [14] www.jetchem.cz

Seznam použitých norem

ČSN EN 744505	Podlahy - Společná ustanovení
ČSN EN 12390-3	Zkoušení zatvrdlého betonu – Pevnost v tlaku zkušebních těles
ČSN EN 12390-7	Zkoušení zatvrdlého betonu – Objemová hmotnost zatvrdlého betonu
ČSN 72 2071	Popílek pro stavební účely – Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení
ČSN EN 196	Metody zkoušení cementu
ČSN EN 1097	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva
ČSN EN 13055	Pórovité kamenivo
ČSN EN 12620	Kamenivo do betonu